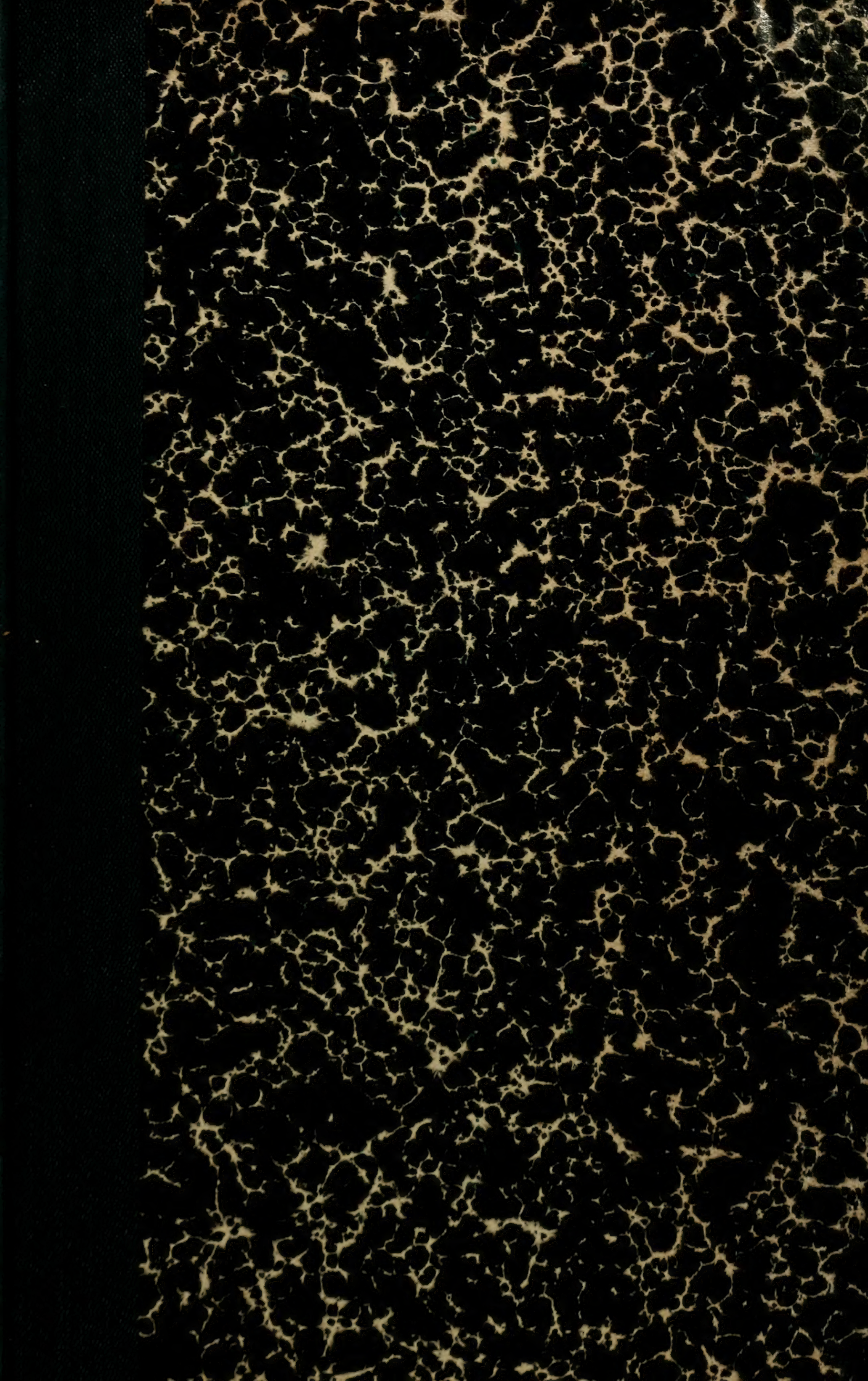
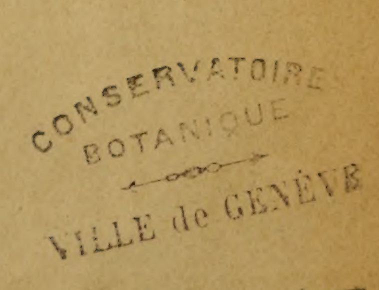




ARCHIVES

DES

SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES

GENÈVE. — IMPRIMERIE DE JULES-GUILLAUME FICK.

BIBLIOTHÈQUE UNIVERSELLE

ET

REVUE SUISSE

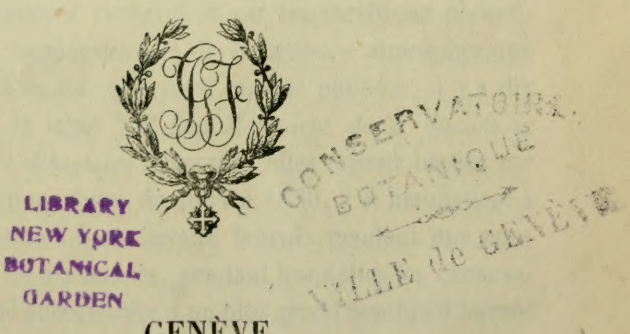
ARCHIVES

DES

SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES

NOUVELLE PÉRIODE

TOME TREIZIÈME



GENÈVE

BUREAU DE LA BIBLIOTHÈQUE UNIVERSELLE

4, rue de l'Hôtel-de-Ville

LAUSANNE — A. DELAFONTAINE, LIBRAIRE

NEUCHATEL — S. DELACHAUX. — KLINGEBEIL

1862

NOTE

SUR LES

VARIATIONS PÉRIODIQUES

de la

température et de la pression atmosphérique

AU GRAND ST-BERNARD

PAR

M. E. PLANTAMOUR

Professeur

Mes premières recherches sur les variations périodiques de la température et de la pression atmosphérique à Genève et au Saint-Bernard ont été publiées, il y a dix ans, dans le tome XIII des *Mémoires de la Société de physique et d'histoire naturelle*; elles étaient basées sur les observations faites de 1841 à 1850. J'ai maintenant à ma disposition les matériaux fournis pendant une nouvelle série de dix années, pendant lesquelles les observations ont été enregistrées à un plus grand nombre d'heures de la journée ; c'est ainsi sur des données plus complètes et plus nombreuses que les recherches relatives aux variations périodiques peuvent être reprises. Je m'occuperai dans cette note des résultats qui se rapportent au Saint-Bernard, ceux qui sont relatifs à Genève devant être l'objet d'un autre mémoire.

La connaissance des variations périodiques dans chaque station n'a pas seulement un intérêt local, celui de faire connaître de combien la température et la pression varient en moyenne dans cette localité, soit dans la période diurne, soit dans la période annuelle. En comparant, pour toutes les stations disséminées dans le monde entier, les résultats très-divers qu'offrent les variations périodiques ou régulières, on peut arriver à la connaissance de la répartition normale de la température et de la pression à la surface du globe pour un instant donné, et par suite établir les rapports qui existent entre ces variations et les mouvements et courants qui ont lieu dans l'atmosphère. Sous un autre point de vue encore, la détermination exacte des variations périodiques est nécessaire pour faire connaître dans une station l'état normal de l'atmosphère sous le rapport de la température et de la pression, à un instant quelconque, et pour déduire la variation accidentelle ou irrégulière de la différence entre l'état observé à un instant donné et l'état normal. On sait quel est le parti que l'amirauté anglaise tire depuis quelque temps de la comparaison des observations météorologiques, qui lui sont transmises par le télégraphe des différents ports de l'Angleterre et des pays voisins, pour prévoir plusieurs heures, souvent même plus d'un jour à l'avance, des perturbations atmosphériques, et prévenir des sinistres par les avis qu'elle expédie en conséquence. L'étude de ces variations accidentelles et de la propagation des perturbations atmosphériques à la surface du globe est d'une grande importance pour la physique terrestre ; il y a, par conséquent, un grand intérêt à ce que chaque station météorologique puisse faire connaître, à chaque instant, la grandeur de la perturbation ou de la variation accidentelle dans cette localité.

C'est dans ce but que, depuis un an déjà, j'ai modifié la forme sous laquelle les observations météorologiques faites à Genève sont publiées dans les tableaux mensuels de la *Bibliothèque universelle*; j'ai cherché à mettre en évidence la perturbation accidentelle. Les matériaux que nous possédons pour Genève sont suffisants, à ce que je crois, pour qu'il soit possible d'établir avec une très-grande approximation l'état normal de l'atmosphère, sous le rapport de la température et de la pression, à chaque heure du jour et chaque jour de l'année. L'étendue allouée à ces tableaux ne permet pas, il est vrai, de publier *in extenso* la température et la pression observées à chacune des neuf époques diurnes, ainsi que la différence avec l'état normal ; j'ai dû me borner à donner la moyenne des 24 heures, ainsi que la différence avec l'état normal, en indiquant, en outre, les extrêmes diurnes. Les tableaux du Saint-Bernard seront mis dorénavant sous la même forme que ceux de Genève, et il ne sera peut-être pas sans intérêt de pouvoir comparer, jour par jour, les variations accidentelles entre deux stations peu éloignées dans le sens horizontal, mais d'une hauteur très-différente, le Saint-Bernard étant situé à 2070 mètres au-dessus de Genève.

Variation diurne de la température au Saint-Bernard.

Je rapporterai d'abord, d'après le mémoire cité plus haut, les moyennes des températures observées de 1841 à 1850, à six époques de la journée, savoir : midi, 3 h., 6 h., et 9 h. du soir, 6 h. et 9 h. du matin, ou 18 h. et 21 h., l'heure étant comptée à partir de midi.

1841 à 1850.												
Hèures.	Janvier.	Février.	Mars.	Avril.	Mai.	Juin.	Juillet.	Août.	Septembre.	Octobre.	Novembre.	Décembre.
18	−11°,29	−9°,51	−8°,94	−5°,53	−1°,34	+2°,52	+4°,08	+3°,73	+1°,60	−2°,13	−5°,79	−8°,02
21	−10,14	−7,88	−6,02	−2,32	+2,58	+5,48	+7,03	+6,07	+3,33	−0,73	−4,96	−7,39
Midi	− 8,50	−5,69	−4,09	−0,30	+4,31	+7,19	+8,65	+7,67	+4,85	+0,89	−3,03	−6,05
3	− 9,05	−6,38	−4,54	−0,55	+4,18	+7,28	+8,75	+7,72	+4,76	+0,66	−3,53	−6,30
6	−10,46	−8,49	−7,11	−3,22	+1,88	+5,48	+6,99	+6,23	+3,42	−0,85	−4,94	−7,41
9	−10,47	−8,92	−8,01	−4,82	−1,34	+3,54	+5,37	+4,93	+2,70	−1,57	−5,36	−7,66

Pendant les dix dernières années les observations ont été faites à toutes les heures paires, depuis 6 h. du matin jusqu'à 10 h. du soir. Voici les moyennes de cette nouvelle série :

1851 à 1860.												
Heures.	Janvier.	Février.	Mars.	Avril.	Mai.	Juin.	Juillet.	Août.	Septembre.	Octobre.	Novembre.	Décembre.
	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°
18	−9,59	−10,79	−9,20	−5,68	−2,46	+1,76	+4,01	+4,37	+1,61	−1,14	−7,05	−9,09
20	−9,31	−10,22	−7,69	−3,68	−0,24	+3,56	+5,67	+5,87	+2,75	−0,38	−6,68	−8,91
22	−8,35	− 8,70	−6,21	−2,04	+1,25	+5,24	+7,38	+7,46	+3,88	+0,82	−5,63	−8,21
Midi	−7,20	− 7,60	−5,23	−0,99	+2,21	+6,23	+8,33	+8,51	+4,75	+1,65	−4,72	−7,35
2	−7,18	− 7,69	−5,13	−1,02	+2,39	+6,47	+8,52	+8,67	+4,83	+1,72	−4,79	−7,31
4	−8,39	− 8,62	−6,17	−1,90	+1,56	+5,80	+7,92	+7,93	+4,18	+0,96	−5,81	−8,39
6	−8,97	−10,03	−7,75	−3,54	+0,03	+4,55	+6,70	+6,80	+3,26	0,00	−6,52	−8,79
8	−9,17	−10,31	−8,27	−4,46	−1,14	+3,31	+5,62	+5,87	+2,68	−0,36	−6,75	−8,85
10	−9,30	−10,44	−8,43	−4,74	−1,51	+2,92	+5,17	+5,46	+2,36	−0,57	−6,84	−8,91

Il est facile, d'après les formules données dans le premier mémoire, ainsi que dans les résumés annuels, d'interpoler pour chaque série les heures manquantes, et de former ainsi pour la série des 20 années le tableau

complet des températures, aux 12 époques de la journée, telles qu'elles résultent de l'observation. Voici ce tableau :

1841 à 1860.

Heures.	18	20	21	22	Midi	2	3	4	6	8	9	10
Janvier.	−10°,44	−10,01	−9,51	−9,00	−7,85	−7,84	−8,38	−9,07	−9,71	−9,88	−9,84	−9,95
Février.	−10°,15	−9,41	−8,69	−7,81	−6,64	−6,78	−7,27	−7,95	−9,26	−9,61	−9,67	−9,77
Mars.	−9°,07	−7,39	−6,52	−5,68	−4,66	−4,62	−5,07	−5,79	−7,43	−8,09	−8,22	−8,36
Avril.	−5°,60	−3,54	−2,58	−1,70	−0,61	−0,63	−0,97	−1,62	−3,38	−4,48	−4,77	−5,06
Mai.	−1°,90	+0,46	+1,58	+2,31	+3,26	+3,44	+3,11	+2,55	+0,96	−0,36	−0,78	−1,08
Juin.	+2°,14	+4,00	+4,94	+5,69	+6,71	+6,98	+6,74	+6,30	+5,02	+3,76	+3,30	+3,04
Juillet.	+4°,05	+5,83	+6,79	+7,54	+8,49	+8,72	+8,52	+8,08	+6,85	+5,72	+5,35	+5,03
Août.	+4°,05	+5,58	+6,37	+7,13	+8,09	+8,26	+8,04	+7,58	+6,51	+5,61	+5,28	+5,04
Septembre.	+1°,61	+2,71	+3,32	+3,92	+4,80	+4,90	+4,66	+4,26	+3,34	+2,76	+2,60	+2,43
Octobre.	−1°,64	−0,80	−0,26	+0,40	+1,27	+1,31	+1,02	+0,57	−0,42	−0,89	−1,03	−1,25
Novembre.	−6°,42	−6,03	−5,57	−4,88	−3,87	−3,97	−4,39	−4,92	−5,73	−6,02	−6,08	−6,19
Décembre.	−8°,55	−8,39	−8,01	−7,54	−6,70	−6,68	−7,06	−7,57	−8,10	−8,24	−8,25	−8,31

Les formules qui représentent la variation diurne ont été calculées sur les heures paires, en faisant, dans une première approximation, une hypothèse sur la tempéra-

ture de minuit, 14 h. et 16 h., corrigée dans une seconde approximation. Voici, pour chaque mois, ces formules dans lesquelles l'heure μ est comptée de 0 à 360°, à partir de midi.

1841 à 1860.

Janvier ...	$t = -9^\circ,54$	$+1^\circ,06 \sin(\mu + 64^\circ 53')$	$+0^\circ,59 \sin(2\mu + 71^\circ 15')$	$+0^\circ,21 \sin(3\mu + 58^\circ 35')$
Février ...	$t = -8,98$	$+1,64 \sin(\mu + 69\ 14)$	$+0,74 \sin(2\mu + 74\ 16)$	$+0,14 \sin(3\mu + 53\ 57)$
Mars......	$t = -7,38$	$+2,28 \sin(\mu + 67\ \ 2)$	$+0,78 \sin(2\mu + 87\ 48)$	$+0,10 \sin(3\mu + 299\ \ 4)$
Avril	$t = -3,75$	$+2,83 \sin(\mu + 66\ 42)$	$+0,66 \sin(2\mu + 92\ 36)$	$+0,14 \sin(3\mu + 270\ \ 0)$
Mai.	$t = +0,20$	$+3,03 \sin(\mu + 63\ 31)$	$+0,60 \sin(2\mu + 100\ 33)$	$+0,19 \sin(3\mu + 258\ \ 7)$
Juin......	$t = +4,06$	$+2,73 \sin(\mu + 59\ 35)$	$+0,46 \sin(2\mu + 94\ 58)$	$+0,13 \sin(3\mu + 265\ 36)$
Juillet	$t = +5,95$	$+2,60 \sin(\mu + 58\ 30)$	$+0,48 \sin(2\mu + 98\ 28)$	$+0,11 \sin(3\mu + 259\ 41)$
Août......	$t = +5,76$	$+2,32 \sin(\mu + 57\ 41)$	$+0,47 \sin(2\mu + 99\ 51)$	$+0,06 \sin(3\mu + 288\ 26)$
Septembre.	$t = +2,96$	$+1,68 \sin(\mu + 57\ 38)$	$+0,46 \sin(2\mu + 88\ 45)$	$+0,05 \sin(3\mu + 306\ 52)$
Octobre. .	$t = -0,59$	$+1,59 \sin(\mu + 63\ 26)$	$+0,43 \sin(2\mu + 83\ 22)$	$+0,07 \sin(3\mu + 15\ 57)$
Novembre.	$t = -5,61$	$+1,17 \sin(\mu + 67\ 50)$	$+0,53 \sin(2\mu + 70\ 13)$	$+0,16 \sin(3\mu + 63\ 26)$
Décembre .	$t = -7,93$	$+0,75 \sin(\mu + 66\ 30)$	$+0,46 \sin(2\mu + 62\ 54)$	$+0,18 \sin(3\mu + 63\ 26)$

La température a été calculée à l'aide de ces formules dans chaque mois, pour chacune des 24 heures, et l'on obtient ainsi le tableau suivant de la variation diurne au Saint-Bernard ; la température moyenne des 24 heures y est indiquée en tête de chaque mois, ainsi que l'excès en plus ou en moins de la température de chaque heure sur la moyenne des 24 heures. La comparaison des chiffres de ce tableau avec les températures observées montre à quel point les formules représentent exactement la variation diurne ; les trois plus grands écarts sont de 0°, 10, 0°, 11 et 0°, 12, mais ils sont en général fort au-dessous d'un dixième de degré. Les valeurs moyennes des écarts pour chaque mois sont :

Janvier.........	± 0°,06
Février	0,04
Mars	0,06
Avril...........	0,06
Mai	0,07
Juin............	0,04
Juillet...	0,04
Août	0,02
Septembre	0,01
Octobre........	0,03
Novembre.	0,04
Décembre.......	0,03

Variation diurne de la température au St-Bernard.

	Janvier.	Février.	Mars.	Avril.	Mai.	Juin.	Juillet.	Août.	Septemb.	Octobre.	Novemb.	Décemb.	
Moy.	−9°,51	−8°,98	−7°,38	−3°,75	+0°,20	+4°,06	+5°,95	+5°,76	+2°,96	−0°,59	−5°,61	−7°,93	
Midi	+1°,70	+2°,35	+2°,79	+3°,12	+3°,11	+2°,68	+2°,58	+2°,36	+1°,84	+1°,87	+1°,72	+1°,26	Midi
1	+1,83	+2,48	+2,92	+3,26	+3,26	+2,91	+2,78	+2,54	+2,00	+2,02	+1,83	+1,37	1
2	+1,61	+2,22	+2,71	+3,11	+3,18	+2,92	+2,75	+2,50	+1,95	+1,91	+1,63	+1,22	2
3	+1,14	+1,67	+2,24	+2,70	+2,87	+2,68	+2,52	+2,21	+1,70	+1,59	+1,21	+0,85	3
4	+0,57	+0,98	+1,55	+2,05	+2,32	+2,21	+2,11	+1,81	+1,31	+1,13	+0,69	+0,42	4
5	+0,09	+0,30	+0,76	+1,27	+1,60	+1,62	+1,54	+1,30	+0,85	+0,64	+0,21	+0,05	5
6	−0,22	−0,21	+0,06	+0,46	+0,80	+0,91	+0,91	+0,76	+0,41	+0,21	−0,13	−0,19	6
7	−0,34	−0,53	−0,47	−0,25	+0,04	+0,26	+0,30	+0,28	+0,05	−0,11	−0,33	−0,29	7
8	−0,35	−0,68	−0,79	−0,77	−0,58	−0,31	−0,21	−0,13	−0,21	−0,33	−0,42	−0,31	8
9	−0,35	−0,74	−0,91	−1,11	−1,01	−0,74	−0,63	−0,46	−0,38	−0,49	−0,48	−0,32	9
10	−0,38	−0,77	−0,97	−1,33	−1,32	−1,09	−0,97	−0,76	−0,53	−0,63	−0,55	−0,35	10
11	−0,47	−0,84	−1,04	−1,54	−1,60	−1,41	−1,29	−1,08	−0,70	−0,80	−0,64	−0,39	11
Minuit	−0,58	−0,93	−1,23	−1,80	−1,93	−1,76	−1,64	−1,44	−0,92	−1,01	−0,72	−0,44	Minuit
13	−0,65	−1,05	−1,54	−2,15	−2,35	−2,15	−2,03	−1,83	−1,19	−1,32	−0,78	−0,45	13
14	−0,73	−1,17	−1,89	−2,51	−2,78	−2,52	−2,41	−2,18	−1,47	−1,40	−0,82	−0,44	14
15	−0,76	−1,27	−2,18	−2,76	−3,09	−2,76	−2,66	−2,40	−1,68	−1,49	−0,84	−0,43	15
16	−0,81	−1,34	−2,27	−2,77	−3,10	−2,76	−2,69	−2,41	−1,75	−1,48	−0,87	−0,47	16
17	0,87	−1,34	−2,09	−2,44	−2,73	−2,46	−2,42	−2,17	−1,64	−1,34	−0,90	−0,55	17
18	−0,90	−1,21	−1,62	−1,78	−1,98	−1,85	−1,85	−1,68	−1,33	−1,07	−0,87	−0,63	18
19	−0,82	−0,90	−0,91	−0,87	−0,95	−1,02	−1,05	−0,99	−0,85	−0,68	−0,72	−0,63	19
20	−0,53	−0,38	−0,05	+0,17	+0,18	−0,09	−0,13	−0,16	−0,27	−0,18	−0,38	−0,46	20
21	−0,03	+0,34	+0,85	+1,17	+1,23	+0,82	+0,77	+0,62	+0,36	+0,39	+0,13	−0,10	21
22	+0,62	+1,14	+1,68	+2,05	+2,10	+1,62	+1,55	+1,36	+0,97	+0,98	+0,74	+0,40	22
23	+1,25	+1,87	+2,36	+2,71	+2,73	+2,25	+2,17	+1,95	+1,48	+1,50	+1,32	+0,89	23

La variation diurne de la température au St-Bernard est assez bien déterminée, pour que la température moyenne des 24 heures puisse être calculée à l'aide d'un certain nombre d'observations prises dans la journée : ainsi, avec le système actuel de 9 observations diurnes, de 6 h. du matin à 10 h. du soir, la température moyenne s'obtient en appliquant à la moyenne arithmétique des 9 observations les corrections suivantes pour chaque mois :

Janvier	— 0°,23
Février	— 0,38
Mars	— 0,59
Avril	— 0,79
Mai	— 0,87
Juin	— 0,78
Juillet	— 0,75
Août	— 0,67
Septembre	— 0,45
Octobre	— 0,43
Novembre	— 0,27
Décembre	— 0,14

Variation annuelle de la température au St-Bernard.

La détermination de la variation annuelle doit reposer sur la température d'un certain nombre d'époques équidistantes réparties dans toute l'année ; si on prend 12 de ces époques, on ne peut pas faire usage directement de la température moyenne des douze mois, soit à cause de la variation non uniforme de la température, de laquelle il résulte que la moyenne du mois ne correspond pas à la température du milieu du mois, soit de la longueur inégale des mois, de laquelle il résulte que les milieux de chaque mois ne sont pas séparés par des intervalles

égaux. Si l'on suppose que la première de ces 12 époques équidistantes soit prise à $^1/_{24}$ de la période entière à partir du commencement de l'année, soit du 31 décembre à minuit, la seconde sera $^3/_{24}$ et ainsi de suite; ou, en divisant l'année entière en 360°, les 12 époques équidistantes correspondront à $M=15°$, $M=45°$, $M=75°$, et ainsi de suite. La réduction de la température moyenne du mois à la température du milieu du mois dépend de la différence seconde des températures des 12 époques équidistantes; si on désigne par b cette différence seconde, que l'on peut calculer par les moyennes mensuelles dans une première approximation, en la corrigeant dans une seconde approximation, la réduction est donnée par la formule $- 0,0416 \times b$. Quant à la réduction de la température du milieu du mois à celle des 12 époques $M = 15°$, M 45°, etc., on peut se borner à tenir compte des différences premières, que je désigne par a; l'année étant prise de 365 $^1/_4$, pour tenir compte des années bissextiles, la correction sera pour chaque mois.

Janvier	$- 0,009 \times a$
Février	$+ 0,018 \times a$
Mars	$+ 0,044 \times a$
Avril	$+ 0,042 \times a$
Mai	$+ 0,040 \times a$
Juin	$+ 0,038 \times a$
Juillet	$+ 0,036 \times a$
Août	$+ 0,017 \times a$
Septembre	$+ 0,015 \times a$
Octobre	$+ 0,013 \times a$
Novembre	$+ 0,011 \times a$
Décembre	$+ 0,009 \times a$

Voici, d'après deux approximations, les corrections qu'il faut appliquer aux moyennes mensuelles au Saint-Bernard pour obtenir la température de 12 époques équidistantes et ces températures corrigées :

Janvier....	$-0^\circ,06$	1	$M = 15^\circ$	$t = -9^\circ,60$
Février....	$-0,04$	2	45	$-9,02$
Mars	$+0,05$	3	75	$-7,33$
Avril	$+0,13$	4	105	$-3,62$
Mai	$+0,18$	5	135	$+0,38$
Juin.......	$+0,18$	6	165	$+4,24$
Juillet.....	$+0,12$	7	195	$+6,07$
Août	$+0,07$	8	225	$+5,83$
Septembre .	$+0,02$	9	255	$+2,98$
Octobre....	$-0,06$	10	285	$-0,65$
Novembre..	$-0,09$	11	315	$-5,70$
Décembre ..	$-0,09$	12	345	$-8,02$

J'ai calculé, d'après ces données, la formule qui représente la variation annuelle de la température au Saint-Bernard et j'ai trouvé :

$$T = -2^\circ,037 + 8^\circ,000 \sin (M + 245^\circ\,30') + 0^\circ,415 \sin (2\,M + 27^\circ 7') + 0^\circ,136 \sin (3\,M + 17^\circ 6')$$

Cette formule donne pour la température des 12 époques équidistantes les valeurs suivantes, à côté desquelles j'ai inscrit l'excès sur les valeurs observées.

1	M = 15°	— 9°,46	erreur	+ 0°,14
2	45	— 9,10		— 0,08
3	75	— 7,23		+ 0,10
4	105	— 3,77		— 0,15
5	135	+ 0,51		+ 0,13
6	165	+ 4,18		— 0,06
7	195	+ 6,08		+ 0,01
8	225	+ 5,76		— 0,07
9	255	+ 3,19		+ 0,21
10	285	— 1,00		— 0,35
11	315	— 5,33		+ 0,37
12	345	— 8,29		— 0,27

L'accord entre les températures calculées et les températures observées est, comme on le voit, très-satisfaisant ; la valeur de l'écart moyen est de ± 0°,20 ; elle est bien plus faible que l'incertitude qui existe encore sur la température moyenne d'un mois, une série de vingt années n'étant pas suffisante pour que les anomalies dans la température d'un mois, se répétant quelquefois dans le même sens pendant plusieurs années consécutives, puissent se compenser exactement et s'effacer dans la moyenne. Il peut être de quelque intérêt de donner comme exemple de ces anomalies, qui se répètent pendant plusieurs années dans un sens, puis pendant une autre série d'années dans le sens opposé, la comparaison entre les températures moyennes de chaque mois pour les deux séries 1841 à 1850 et 1851 à 1860.

Différences entre la période 1851 à 1860 et 1841 à 1850.

Janvier	+ 1°,52
Février	— 1,42
Mars	— 0,44
Avril	— 0,05
Mai	— 1,39
Juin	— 0,75
Juillet	— 0,12
Août	+ 0,73
Septembre	— 0.08
Octobre	+ 1,09
Novembre	— 1,35
Décembre	— 1,22

Dans le mémoire publié en 1851 je m'exprimais ainsi au sujet des écarts que la série de 1841 à 1850 donnait entre les températures calculées par la formule et les températures observées ; l'écart moyen donné par cette série de 10 années était de ± 0°,49 : « Il est à présumer que les écarts des mois d'hiver, — 0°,69 en décembre, + 1°,08 en janvier et — 0°,87 en février, s'effaceront dans une plus longue série d'observations, et qu'il faut s'attendre à rencontrer dans les années à venir le mois de janvier plus doux, et les mois de décembre et de février plus rigoureux que dans les 10 années qui viennent de s'écouler, puisque ces dernières ont présenté une anomalie en sens inverse. » Cette prévision s'est, comme on le voit, réalisée, et l'anomalie des dix dernières années a compensé en grande partie celle des dix années précédentes ; les plus grands écarts qui subsistent dans la période des vingt années se rencontrent dans les mois d'octobre et de novembre. Le

mois d'octobre a été si doux dans les dix dernières années que la moyenne des vingt années en a été affectée ; par contre, la moyenne de novembre a été abaissée par l'effet de l'année 1851, dans laquelle la température moyenne de ce mois a été de — 12°,44, c'est-à-dire de 7°,11 au-dessous de sa valeur normale et même de 3° au-dessous de la température normale de janvier. Il est probable que les années à venir abaisseront la température d'octobre et élèveront celle de novembre. Il est donc permis de supposer que la formule donnée plus haut représente plus exactement, qu'à deux dixièmes de degré près, la marche normale de la température pendant la période annuelle, et que la plus grande partie de l'écart entre la formule et l'observation provient de l'incertitude qui subsiste encore sur les moyennes mensuelles. C'est d'après cette formule que la température a été calculée de cinq jours en cinq jours, pour toute l'année : elle a été réunie dans un même tableau avec la pression atmosphérique.

Variation diurne du baromètre au Saint-Bernard.

Les calculs relatifs à la pression atmosphérique ayant été exécutés de la même manière que pour la température, il suffira de donner les chiffres qui se rapportent au baromètre, sans répéter les explications sur chaque tableau.

Hauteur moyenne du baromètre observée de 1841 à 1850.

Heures.	Janvier.	Février.	Mars.	Avril.	Mai.	Juin.	Juillet.	Août.	Septembre.	Octobre.	Novembre.	Décembre.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
18	559,34	559,76	560,34	560,02	563,62	566,68	567,91	567,74	566,60	563,26	562,50	562,40
21	559,72	559,95	560,63	560,29	563,96	566,93	568,20	568,03	566,92	563,61	562,86	562,65
Midi	559,53	559,96	560,73	560,40	564,09	567,09	568,34	568,14	566,94	563,66	562,73	562,52
3	559,37	559,77	560,54	560,31	564,08	567,00	568,37	568,11	566,81	563,52	562,57	562,37
6	559,53	560,01	560,76	560,47	564,17	567,08	568,43	568,20	566,91	563,75	562,72	562,54
9	559,68	560,20	561,0[illegible]	560,72	564,11	567,32	568,66	568,42	567,14	563,98	562,91	562,74

Hauteur moyenne du baromètre observée de 1851 à 1860.

Heures.	Janvier.	Février.	Mars.	Avril.	Mai.	Juin.	Juillet.	Août.	Septembre.	Octobre.	Novembre.	Décembre.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
18	560,91	559,03	559,95	560,82	562,43	566,71	568,20	568,15	567,00	565,07	560,74	560,90
20	561,19	559,27	560,15	561,03	562,59	566,90	568,36	568,31	567,24	565,39	561,01	561,15
22	561,42	559,46	560,34	561,25	562,78	567,02	568,49	568,41	567,41	565,56	561,19	561,46
Midi	561,11	559,38	560,34	561,25	562,85	567,11	568,54	568,47	567,40	565,44	361,00	561,23
2	560,92	559,17	560,19	561,21	562,86	567,12	568,56	568,43	567,31	565,30	560,82	561,03
4	561,00	559,20	560,18	561,17	562,87	567,09	568,52	568,42	567,30	565,29	560,86	561,17
6	561,16	559,42	560,35	561,24	562,92	567,13	568,56	568,46	567,41	565,42	561,00	561,32
8	561,27	559,53	560,53	561,48	563,09	567,27	568,73	568,65	567,62	565,53	561,08	561,46
10	561,31	559,57	560,59	561,56	563,25	567,41	568,88	568,79	567,71	565,61	561,13	561,53

Hauteur moyenne du baromètre observée de 1841 à 1860.												
Heures.	Janvier.	Février.	Mars.	Avril.	Mai.	Juin.	Juillet.	Août.	Septembre.	Octobre.	Novembre.	Décembre.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
18	560,13	559,36	560,14	560,42	563.03	566,69	568,07	567,94	566,80	564,16	561,62	561,65
20	560,41	559,58	560,35	560.63	563,21	566,89	568,25	568,12	567,03	564,46	561,89	561,88
21	560,55	559,69	560,47	560.74	563,30	566,95	568,32	568,20	567,13	564,58	562,00	562.04
22	560,54	559.74	560,54	560,82	563,40	567,01	568,38	568,27	567,20	564,62	562,04	562,07
Midi	560,32	559,67	560,53	560,83	563,47	567,10	568,44	568,31	567,17	564,55	561,86	561,87
2	560 15	559,49	560,39	560,78	563,47	567,08	568,46	568,27	567,09	564,41	561,68	561,68
3	560,12	559,48	560,36	560,75	563,46	567,07	568,45	568,25	567,04	564,40	561,67	561,67
4	560,20	559,51	560,37	560,76	563,48	567,06	568,45	568,26	567,06	564,43	561,72	561,78
6	560,35	559,71	560,55	560.86	563,54	567,11	568,50	568,33	567,16	564,58	561,80	561,93
8	560,47	559,85	560,76	561,07	563,71	567,25	568,66	568,51	567,35	564.73	561,98	562,07
9	560,49	559,89	560,81	561,12	563,80	567,34	568,73	568,56	567,40	564,76	562,00	562,12
10	560,47	559,88	560,81	561,12	563,83	567,37	568,77	568,58	567,41	564,75	561,99	562,09

Formules qui représentent la variation diurne du baromètre au Saint-Bernard.

		mm	mm	mm
Janvier .	b = 560,29	mm +0,09 sin (μ + 26° 34′)	+0,23 sin (2μ +172° 34′)	+0,06 sin (3μ +198° 26′)
Février . . .	b = 559,60	+0,15 sin (μ +352 21)	+0,21 sin (2μ +157 11)	+0,03 sin (3μ +180 0)
Mars.	b = 560,45	+0,20 sin (μ +348 41)	+0,22 sin (2μ +149 58)	+0,01 sin (3μ +135 0)
Avril.	b = 560,76	+0,24 sin (μ +352 52)	+0,21 sin (2μ +144 46)	+0,01 sin (3μ +315 0)
Mai.	b = 563,42	+0,29 sin (μ +344 3)	+0,18 sin (2μ +135 0)	+0,03 sin (3μ +315 0)
Juin	b = 567,03	+0,22 sin (μ +348 42)	+0,17 sin (2μ +131 19)	+0,03 sin (3μ +315 0)
Juillet . . .	b = 568,41	+0,24 sin (μ +345 41)	+0,17 sin (2μ +133 45)	+0,03 sin (3μ +315 0)
Août.	b = 568,25	+0,21 sin (μ +349 13)	+0,16 sin (2μ +142 26)	+0,01 sin (3μ +315 0)
Septembre.	b = 567,09	+0,18 sin (μ +353 39)	+0,21 sin (2μ +147 52)	+0,01 sin (3μ +270 0)
Octobre. .	b = 564,46	+0,19 sin (μ + 6 0)	+0,23 sin (2μ +156 48)	+0,03 sin (3μ +225 0)
Novembre.	b = 561,79	+0,11 sin (μ + 25 19)	+0,22 sin (2μ +165 20)	+0,04 sin (3μ +213 42)
Décembre .	b = 561,84	+0,12 sin (μ + 0 0)	+0,25 sin (2μ +165 58)	+0,04 sin (3μ +206 34)

Si on calcule à l'aide de ces formules, pour chaque mois, la variation diurne de la pression atmosphérique, telle qu'elle est donnée dans le tableau suivant, on trouve un accord presque parfait avec les chiffres qui donnent

pour la même heure la hauteur observée du baromètre; l'écart dépasse rarement deux centièmes de millimètre.

Variation diurne de la pression atmosphérique au St-Bernard

Moy.	Janvier. mm 560,29	Février. mm 559,60	Mars. mm 560,45	Avril. mm 560,76	Mai. mm 563,12	Juin. mm 567,03	Juillet. mm 568,41	Août. mm 568,25	Septemb mm 567,69	Octobre mm 561,16	Novemb. mm 561,79	Décemb mm 561,84	
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	
Midi	+0,05	+0,06	+0,08	+0,08	+0,03	+0,07	+0,01	+0,05	+0,08	+0,09	+0,08	+0,04	Midi
1	−0,09	−0,03	+0,01	+0,05	+0,04	+0,07	+0,05	+0,04	+0,03	+0,01	−0,03	−0,08	1
2	−0,16	−0,10	−0,06	+0,01	+0,04	+0,06	+0,05	+0,02	−0,03	−0,05	−0,10	−0,16	2
3	−0,17	−0,12	−0,09	−0,01	+0,04	+0,04	+0,04	0,00	−0,05	−0,06	−0,12	−0,17	3
4	−0,09	−0,09	−0,08	−0,01	+0,04	+0,03	+0,03	+0,01	−0,05	−0,03	−0,09	−0,12	4
5	0,00	0,00	−0,01	+0,03	+0,07	+0,01	+0,05	+0,04	−0,01	+0,03	−0,01	−0,01	5
6	+0,11	+0,10	+0,10	+0,11	+0,12	+0,08	+0,09	+0,10	+0,07	+0,12	+0,07	+0,10	6
7	+0,18	+0,26	+0,22	+0,21	+0,22	+0,14	+0,17	+0,18	+0,16	+0,21	+0,14	+0,20	7
8	+0,21	+0,27	+0,31	+0,31	+0,31	+0,22	+0,25	+0,25	+0,26	+0,27	+0,19	+0,26	8
9	+0,20	+0,29	+0,36	+0,36	+0,38	+0,31	+0,32	+0,31	+0,31	+0,30	+0,21	+0,28	9
10	+0,17	+0,27	+0,35	+0,37	+0,41	+0,33	+0,35	+0,31	+0,32	+0,29	+0,19	+0,26	10
11	+0,10	+0,20	+0,27	+0,30	+0,35	+0,29	+0,31	+0, 6	+0,25	+0,21	+0,13	+0,19	11
Minuit	+0,01	+0,10	+0,14	+0,16	+0,23	+0,18	+0,20	+0,15	+0,14	+0,09	+0,03	+0,08	Minuit
13	−0,09	−0,03	−0,01	−0,01	+0,05	+0,04	+0,01	+0,01	−0,01	−0,07	−0,09	−0,06	13
14	−0,20	−0,16	−0,16	−0,19	−0,14	−0,12	−0,13	−0,14	−0,17	−0,23	−0,21	−0,20	14
15	−0,29	−0,26	−0,29	−0,33	−0,30	−0,26	−0,27	−0,26	−0,29	−0,36	−0,30	−0,31	15
16	−0,35	−0,33	−0,36	−0,41	−0,40	−0,35	−0,35	−0,33	−0,37	−0,42	−0,33	−0,36	16
17	−0,28	−0,32	−0,37	−0,41	−0,43	−0,36	−0,37	−0,31	−0,36	−0,40	−0,29	−0,33	17
18	−0,17	−0,26	−0,31	−0,35	−0,39	−0,33	−0,33	−0,30	−0,29	−0,30	−0,18	−0,22	18
19	−0,01	−0,14	−0,22	−0,24	−0,31	−0,25	−0,26	−0,22	−0,18	−0,15	−0,03	−0,06	19
20	+0,15	−0,01	−0,09	−0,13	−0,21	−0,16	−0,17	−0,13	−0,06	0,00	+0,11	+0,10	20
21	+0,26	+0,09	+0,02	−0,02	−0,12	−0,08	−0,09	−0,05	+0,04	+0,12	+0,21	+0,20	21
22	+0,27	+0,15	+0,09	+0,05	−0,05	−0,01	−0,03	+0,01	+0,10	+0,17	+0,23	+0,22	22
23	+0,19	+0,13	+0,11	+0,07	0,00	+0,03	+0,01	+0,04	+0,11	+0,15	+0,18	+0,16	23

De ces chiffres qui établissent la variation diurne de la pression atmosphérique au Saint-Bernard, on peut déduire la correction qu'il faut appliquer à la moyenne arithmétique des neuf lectures diurnes, faites de 6 heures du matin à 10 heures du soir, pour obtenir la pression moyenne des 24 heures; ces corrections sont pour chaque mois :

	mm
Janvier.......	— 0,05
Février.......	— 0,04
Mars.........	— 0.04
Avril.........	— 0,05
Mai	— 0,04
Juin..........	— 0,03
Juillet........	— 0,03
Août	— 0,04
Septembre....	— 0.05
Octobre.....	— 0,06
Novembre	— 0,06
Décembre.....	— 0,05

Variation annuelle de la pression atmosphérique au Saint-Bernard.

J'ai calculé de la même manière que pour la température la correction qu'il faut appliquer aux douze moyennes mensuelles, pour obtenir la pression correspondant à 12 époques équidistantes. Voici ces corrections, ainsi que la hauteur obtenue :

	mm				mm
Janvier....	0,00	1	M = 15°	B =	560,29
Février....	— 0,04	2	45		559,56
Mars......	— 0,03	3	75		560,42
Avril......	+ 0,05	4	105		560,81
Mai........	+ 0,10	5	135		563,52
Juin........	+ 0,14	6	165		567,17
Juillet.....	+ 0,11	7	195		568,52
Août........	+ 0,04	8	225		568,29
Septembre.	— 0,01	9	255		567,08
Octobre....	— 0,06	10	285		564,40
Novembre..	— 0,03	11	315		561,76
Décembre..	— 0,02	12	345		561,82

La formule qui représente la variation annuelle de la pression atmosphérique a été calculée d'après ces données ; la voici :

$$B = 563^{mm},64 + 4^{mm},405 \sin (M + 233^{\circ} 51')$$
$$+ 0^{mm},951 \sin (2 M + 50^{\circ}35') + 0^{mm},047 \sin (3 M + 0^{\circ} 0')$$

La pression, calculée par cette formule pour les douze époques équidistantes, donne les valeurs suivantes, à côté desquelles j'ai indiqué l'excès sur la pression observée :

			mm		mm
1	M = 15°	pression calculée	560,50	erreur	+ 0,21
2	43		559,92		+ 0,36
3	75		559,84		— 0,58
4	105		561,08		+ 0,27
5	135		563,75		+ 0,23
6	165		566,77		— 0,40
7	195		568,65		+ 0,13
8	225		568,56		+ 0,27
9	255		566,77		— 0,31
10	285		564,32		— 0,08
11	315		562,33		+ 0,57
12	345		561,18		— 0,64

L'accord entre les pressions calculées et les pressions observées est satisfaisant ; l'écart moyen est de $\pm 0^{mm},395$; il est très-inférieur à l'incertitude qui subsiste sur la pression moyenne d'un mois déterminée par une série de vingt années d'observations. Il suffit, pour s'en convaincre, de comparer pour chaque mois la pression moyenne pour les deux périodes 1851 à 60 et 1841 à 50; on trouve les différences suivantes entre les moyennes des deux séries de 10 années :

	mm
Janvier.........	+ 1,61
Février	— 0,64
Mars...........	— 0,40
Avril...........	+ 0,85
Mai	— 1,20
Juin...........	+ 0,06
Juillet........	+ 0,23
Août	+ 0,38
Septembre	+ 0,50
Octobre........	+ 1,77
Novembre.......	— 1,74
Décembre......	— 1,31

Pour la série des 10 années 1841 à 1850, on avait, d'après le mémoire cité plus haut, $\pm 0^{mm},73$ pour l'écart moyen entre la pression calculée par la formule et la pression observée, mais la pression calculée par la série de ces 10 années présente des écarts bien moindres si on la compare à celle qui est obtenue par la série totale des vingt années ; on a, en effet, les différences suivantes :

	(1841-1860) — (1841-1850)
	mm
M = 15°	— 0,07
45	+ 0,15
75	+ 0,10
105	— 0,31
135	— 0,23
165	— 0,16
195	+ 0,09
225	+ 0,37
255	+ 0,43
285	+ 0,33
315	— 0,26
345	— 0,33

La valeur moyenne de ces écarts est de ± 0mm, 27 ; c'est donc de ± 0mm,27 que la pression diffère en moyenne, suivant qu'on la calcule par les 10 années 1841 à 1850, ou par les 20 années 1841 à 1860 ; et comme pour la première de ces séries l'écart moyen entre une pression calculée et une pression observée était de ± 0mm,73, on peut en conclure que la plus grande partie de ces écarts provenait de l'incertitude sur les moyennes mensuelles observées. En raisonnant de même sur les écarts de la série des vingt années 1841 à 1860, on peut attribuer la plus grande partie de ces écarts à l'incertitude sur les moyennes mensuelles observées ; il est donc permis d'admettre que la formule donne la pression normale pour une époque quelconque, à 15 ou 20 centièmes de millimètre près.

Le tableau suivant donne à la fois la température et la pression normales, calculées par les formules de cinq jours en cinq jours. Ce tableau suppose l'année formée de 365 jours, tandis que l'année tropique, qui exprime

la véritable durée de la période annuelle, est de 365 jours et un quart. Il faudrait, par conséquent, si l'on voulait atteindre une précision complète, calculer ces nombres pour un cycle de quatre années civiles, dont trois de 365 jours, et une année bissextile de 366 jours. Mais il suffit pleinement de prendre les chiffres de ce tableau, tels qu'ils sont donnés pour les dates correspondantes, pour les années ordinaires de 365 jours, et, dans les années bissextiles, de prendre jusqu'au 29 février inclusivement, pour argument, la date diminuée d'un jour.

		Températ.	Baromètre.			Températ.	Baromètre.
		o	mm			o	mm.
Janvier...	1	−9.11	560,81	Juillet..	5	+5,57	568.11
	6	−9.27	560,70		10	+5.82	568.37
	11	−9,39	560,60		15	+6,02	568.58
	16	−9.46	560.50		20	+6.15	568.73
	21	−9.50	560,40		25	+6.22	568.83
	26	−9.50	560.30		30	+6.23	568.87
	31	−9,45	560.20	Août....	4	+6.18	568.85
Février...	5	−9.38	560,10		9	+6.06	568.77
	10	−9.26	560,01		14	+5.88	568.65
	15	−9.40	559.93		19	+5.64	568.48
	20	−8.91	559.86		24	+5.33	568.25
	25	−8.67	559.80		29	+4.97	567.99
Mars.....	2	−8.39	559,77	Septembre	3	+4,55	567.69
	7	−8.06	559,76		8	+4.07	567,36
	12	−7.69	559,78		13	+3.54	567.00
	17	−7.27	559,83		18	+2.96	566.62
	22	−6.81	559.93		23	+2.33	566.22
	27	−6.31	560,06		28	+1.67	565.82
Avril....	1	−5.76	560,23	Octobre..	3	+0.97	565.41
	6	−5.17	560,45		8	+0.25	565.00
	11	−4.55	560,71		13	−0.49	564.60
	16	−3,90	561,01		18	−1,23	564,21
	21	−3.22	561.36		23	−1.98	563.83
	26	−2.52	561,75		28	−2.72	563.47
Mai......	1	−1.81	562,17	Novembre	2	−3.45	563.13
	6	−1.09	562,63		7	−4.16	562.82
	11	−0.38	563,11		12	−4.83	562.53
	16	+0.32	563.61		17	−5.47	562.27
	21	+1.01	564.12		22	−6.07	562.03
	26	+1,68	564,64		27	−6.62	561.81
	31	+2.32	565,15	Décembre	2	−7.13	561,62
Juin.....	5	+2.92	565.66		7	−7.58	561.45
	10	+3.48	566.16		12	−7.99	561.30
	15	+4.01	566.61		17	−8.34	561.16
	20	+4.48	567.0		22	−8.65	561.03
	25	+4.90	567.45		27	−8.9[illegible]	560.92
	30	+5.26	567.86		32	−9.11	560.81

Je terminerai cette note par quelques remarques que suggère la comparaison des variations périodiques entre Genève et le Saint-Bernard, et sur l'influence que l'altitude exerce sur ces variations.

1° Pour ce qui concerne la température, l'amplitude des variations périodiques au Saint-Bernard est réduite aux deux tiers de ce qu'elle est à Genève ; cette diminution s'explique par la moins grande densité de l'air, qui le rend plus diathermane, et, par conséquent, moins susceptible d'être influencé par les rayons qui le traversent. A Genève, l'amplitude de la variation diurne est à son maximum dans les trois mois d'été, juin, juillet et août ; elle atteint alors la valeur moyenne de 9°,1 ; au St-Bernard, l'amplitude maximum de la variation diurne arrive dans les mois d'avril, mai et juin ; elle est alors en moyenne de 6°,1. L'amplitude est à son minimum à Genève dans les trois mois d'hiver, où elle n'est que de 3°,9 en moyenne. Au Saint-Bernard, l'amplitude minimum a lieu dans les mois de novembre, décembre et janvier ; elle est de 2°,5. Le fait que l'amplitude de la variation diurne au Saint-Bernard atteint son maximum en avril et mai, c'est-à-dire assez longtemps avant le solstice d'été, ne tiendrait-il pas à la circonstance qu'à cette époque le sol étant encore recouvert de neige, une plus forte proportion des rayons est réfléchie, tandis que plus tard dans la saison, le sol étant découvert en absorbe une plus forte proportion? Ce qui semble confirmer cette manière de voir, c'est l'anomalie que présente le mois d'octobre dans le décroissement de l'amplitude. Celle-ci est aussi forte dans ce mois qu'en septembre, ce qui ne s'observe pas ailleurs, et n'est pas d'accord avec la diminution de la hauteur du soleil au-dessus de

l'horizon : or, c'est en octobre que le sol est de nouveau habituellement couvert de neige au Saint-Bernard.

Une autre différence essentielle entre les deux stations se trouve dans l'instant le plus chaud de la journée, qui arrive à peu près toute l'année deux heures plus tôt au Saint-Bernard qu'à Genève, c'est-à-dire vers 1 heure, au lieu d'arriver vers 3 heures. L'air des couches superficielles est surtout réchauffé par les rayons réfléchis et renvoyés par le sol, parce que les rayons de chaleur obscure sont absorbés dans une proportion beaucoup plus forte que les rayons directs du soleil ; par suite, l'élévation de la température doit se prolonger moins longtemps après la culmination du soleil, où l'intensité calorifique directe est à son maximum, lorsque la moins grande densité des couches superficielles fait que l'air oppose une plus faible résistance au passage des rayons réfléchis. Il n'y a pas de différence bien notable entre les deux stations pour l'instant le plus froid de la journée.

L'amplitude de la variation annuelle est également réduite aux deux tiers au Saint-Bernard, comparativement à ce qu'elle est à Genève, savoir de 15°,8 au lieu de 19°,22 ; la marche est aussi un peu différente, comme le montrent les chiffres suivants :

	Genève		St-Bernard.	
Jour le plus froid ...	12 janvier	— 0°,47	22 janvier	—9°,50
Jour égal à la moyenne	20 avril.	+ 9.16	30 avril..	—2,04
Jour le plus chaud....	22 juillet.	+18.75	28 juillet.	+6.30
Jour égal à la moyenne	19 octob..	+ 9,16	23 octobre	—2 04

Tandis qu'à Genève la température est sensiblement pendant le même nombre de jours au-dessus et au-des-

sous de la moyenne, la différence est plus sensible au Saint-Bernard. La température ne s'élève que pendant 177 jours au-dessus de la moyenne, et pendant 188 jours elle est au-dessous. Il en résulte que la température s'élève plus au-dessus de la moyenne en été qu'elle ne s'abaisse au-dessous en hiver, 8°,34 au lieu de 7°,46.

2° Pour ce qui concerne la pression atmosphérique, les variations périodiques sont modifiées dans la station élevée, par le fait que la dilatation de l'atmosphère pendant les heures chaudes de la journée et pendant les mois chauds de l'année amène une plus forte proportion de couches à peser sur la cuvette du baromètre au Saint-Bernard, et augmente ainsi relativement la pression, tandis que la contraction nocturne et hibernale abaisse ces couches au-dessous du niveau de la montagne et cause une diminution de pression.

Il sera du reste plus facile de suivre l'influence de l'altitude sur les variations périodiques à l'aide du tableau suivant, dans lequel j'ai réuni pour les mois opposés de janvier et de juillet la variation diurne de la différence de température et de pression à Genève et au Saint-Bernard. Pour comparer la dilatation ou la contraction de la colonne atmosphérique avec la variation de la différence de pression aux deux stations, cette différence devant être diminuée dans le premier cas, et augmentée dans le second, il faudrait connaître la température moyenne de la couche d'air interposée. Cette donnée ne s'obtient malheureusement que d'une manière très-imparfaite dans la période diurne en prenant la demi-somme des températures aux deux stations, parce que dans chacune d'elles le thermomètre accuse la température des couches superficielles qui sont in-

fluencées dans le même sens par le voisinage du sol. A défaut d'autres données, j'ai ajouté à ce tableau la variation diurne de la demi-somme des températures de Genève et du Saint-Bernard, mais il est facile de prévoir que si l'on pouvait suivre les indications d'un thermomètre suspendu dans l'air, à 1035 mètres au-dessus de Genève, on obtiendrait une amplitude considérablement moindre dans les variations diurnes, et de plus un retard notable dans les instants du maximum et du minimum, ceux-ci coïncidant avec l'interversion dans le sens des courants, d'ascendants en descendants, *et vice versa.*

	Genève moins St-Bernard. Variation diurne de la différence de température et de pression.				Variation diurne de la demi somme des températures.	
	Janvier		Juillet.			
	Température	Pression.	Température	Pression.	Janvier.	Juillet.
Moyennes	° +9,05	mm 166,98	° +12,63	mm 159,27	° --4,93	° +12,40
	°	mm	°	mm	°	°
Midi	—0,28	+0.08	+0,73	—0,02	+1,56	+2,94
1	+0,07	—0,05	+1,01	—0,22	+1,87	+3,28
2	+0.47	—0,20	+1,41	—0,42	+1,81	+3,45
3	+0,81	—0,28	+1,82	—0,58	+1,55	+3,43
4	+1.03	—0,32	+2,09	—0,71	+1,08	+3,15
5	+1 05	— 0,28	+2,16	—0,78	+0,62	+2.62
6	+0 92	—0,23	+1,94	—0,76	+0,24	+1,88
7	+0,67	—0,15	+1,50	—0,68	0,00	+1,05
8	+0,40	—0,09	+0,91	—0,52	—0,15	+0,25
9	+0.18	—0,05	+0,34	—0,34	—0,26	—0,46
10	+0.03	—0,04	—0,20	—0,17	—0,37	—1,07
11	—0.04	—0,02	—0,70	—0,03	—0,49	—1,64
Minuit	—0,08	0,00	—1,17	+0,08	—0,62	—2,23
13	—0,14	+0,01	—1,60	+0,18	—0,72	—2,84
14	—0.19	+0,04	—2,02	+0,28	—0,83	—3,42
15	—0,29	+0,06	—2,28	+0,39	—0,91	—3,80
16	—0.39	+0,10	—2,28	+0,51	—1,00	—3,83
17	—0,48	+0,10	—2,01	+0,63	—1,11	—3,42
18	—0,56	+0,15	—1.50	+0,70	—1,18	—2,60
19	—0,62	+0,20	—0,88	+0,72	—1,13	—1,48
20	—0,68	+0,25	—0,30	+0,66	—0,87	—0,28
21	—0,70	+0,27	+0.12	+0,53	—0,38	+0,83
22	—0 67	+0,26	+0 39	+0,37	+0,29	+1,74
23	—0 53	+0,19	+0 55	+0,18	+0,98	+2,44

L'on obtient de même, dans la période annuelle, la variation de la différence de température et de pression entre Genève et le Saint-Bernard.

	Genève moins St-Bernard. Variation annuelle de la différence de Température.	Pression.	Variation annuelle de la température de la couche intermédiaire.
	°	mm	°
Moyennes.......	+11,20	162,82	+3,55
	°	mm	°
Janvier.....	—2,15	+4,16	—8,48
Février.....	—0,82	+3.79	—7,46
Mars.......	+0,68	+3,27	—4,84
Avril.......	+1,30	+0,28	—1,07
Mai........	+1,42	—1,54	+3,27
Juin.......	+1,53	—2,86	+7,00
Juillet......	+1,43	—3,55	+8,85
Août......	+0,80	—3,49	+8,21
Septembre..	+0,04	—2,58	+5,26
Octobre.....	—0,58	—0,88	+0,76
Novembre..	—1,40	+1 24	—3,98
Decembre..	—2,25	+3,17	—7,36

Dans la période annuelle, la variation de la demi-somme des températures à Genève et au Saint-Bernard correspond beaucoup plus exactement avec la variation dans la différence de pression. La dilatation ou la contraction d'une colonne d'air de 2070 mètres de hauteur est de ± 7m,6 par degré; à l'altitude du Saint-Bernard, 14m, 2 de hauteur correspondent à 1 millimètre de pression; par conséquent, 7m,6 correspondent à 0mm, 53. Une variation de ± 1° dans la température de la colonne d'air doit produire une variation de ± 0mm, 53 dans la différence de pression; on trouve approximativement ce rapport dans les chiffres du tableau ci-dessus.

SUR LA

GRÊLE TOMBÉE A LUCERNE

LE 9 JUIN 1861.

(Lettre de M. le prof. Mousson à M. L. Soret.)

Monsieur !

Comme les *Archives des sciences physiques et naturelles* se sont plusieurs fois occupées de la grêle et que, récemment encore, M. le professeur L. Dufour, est revenu sur cette question dans ses belles recherches sur la solidification de l'eau [1], j'ai pensé que quelques détails sur l'effroyable chute de grêle qui le 9 juin 1861 dévasta les environs de Lucerne pourraient intéresser vos lecteurs.

Le hasard m'ayant amené pour quelques heures à Lucerne le lendemain de ce sinistre, je fus étonné du désastre qui avait frappé toute la contrée : les prairies, les moissons, les jardins étaient foulés et hâchés comme si un escadron de cavalerie avait passé dessus ; les arbres étaient dépouillés de leurs feuilles et de leurs petites branches, dont le sol était couvert au loin, plusieurs mêmes étant brisés ou déracinés ; les rues de la ville étaient jonchées de débris de tuiles et de briques tombées des toits ; des faces entières de maison n'offraient que des murs endommagés et des fenêtres dégarnies de

[1] *Archives*, 1861. t. X, p. 346 et t. XI, p. 29.

toutes leurs vitres. Immédiatement après mon retour j'écrivis à M. Kaufmann, professeur d'histoire naturelle à Lucerne, pour l'engager à recueillir quelques détails précis sur une catastrophe, telle que de mémoire d'homme on n'en avait pas essuyé de semblable. Il me répondit que de son propre chef il s'était mis à l'ouvrage, et que non-seulement il avait rassemblé de nombreuses données sur la marche générale du phénomène, mais encore qu'il avait, au moment même, soumis les grêlons à un examen microscopique, analogue à celui que le botaniste applique à l'étude de la structure intérieure des plantes. Ces divers faits ont été consignés dans un petit mémoire, publié dans le journal trimestriel de la Société des sciences naturelles de Zurich[1]. Comme ce mémoire traite son sujet sous un point de vue qui me paraît nouveau et dont toute théorie future devra nécessairement tenir compte, je désire vous en donner une analyse, en y ajoutant personnellement quelques courtes remarques.

Le dimanche 9 juin, la matinée était belle et claire, le ciel d'un bleu blanchâtre, l'air parfaitement tranquille, le soleil très-ardent. Le mont Pilate toutefois était voilé jusqu'à sa base. Vers une heure et demie, un banc de nuages sombres et lourds arriva des hauteurs à l'ouest de la ville, en s'avançant avec rapidité vers l'est. On ressentit quelques rafales, auxquelles succéda une tempête, capable d'ébranler les maisons, d'enlever les volets des fenêtres, de découvrir les toits, de briser et de renverser de vieux arbres. Quelques éclairs, accompagnés

[1] *Ueber den Hagelschlag, welcher den 9 Juni 1861 die Gegend von Luzern betroffen hat ; von F. J. Kaufmann Vierteljahrsschrift der naturf. Gesellsch. in Zürich.* 1861. VI, n° 3, p. 332.

de tonnerre, traversèrent l'atmosphère, qui était à peu près assombrie comme lors de la grande éclipse de 1860. Dix minutes avant deux heures survinrent des torrents de pluie, accompagnés d'un bruit étrange, comme le produirait le choc d'une quantité de cailloux ; bientôt des grêlons se mêlèrent à la pluie. Leur dimension qui était d'abord celle de grosse grenaille, alla en croissant jusqu'à la grandeur d'une noix et même d'un œuf. Pendant 3 à 4 minutes il ne tomba que de la grêle, presque sans pluie, produisant un fracas épouvantable, obscurcissant l'air au point qu'on ne distinguait plus les maisons voisines, entamant, brisant, détruisant le côté exposé des objets, cassant les tuiles et les ardoises, blessant les grands animaux qui n'avaient pu échapper, tuant de nombreux oiseaux et, ce qui est plus curieux, des poissons, qu'on trouva morts à la surface de l'eau. Les ravages furent accomplis en quelques minutes; car vers 1 ou 2 minutes avant deux heures, la tempête baissa subitement pour faire place à une pluie uniforme, poussée par un faible vent de l'ouest et n'apportant plus que de rares grains de grésil. Mais ces quelques moments avaient suffi pour revêtir le jardin le plus riant et le plus fleuri du linceuil blanc et glacé de l'hiver. La contrée paraissait comme couverte de neige, sur laquelle on voyait ramper des traînées de brouillards, par suite de la condensation des vapeurs qui s'élevaient d'un sol plus chaud. La majeure partie des grêlons fondirent dans la soirée ; les pentes abritées en présentaient encore le lendemain et là où le vent les avait accumulés, cinq à six jours ne suffirent pas pour les détruire entièrement.

L'orage avait clairement dessiné sa route par ses nombreux ravages. Chassé par un vent ouest-sud-ouest,

il avait suivi les chaînes de Nagelflue, qui précèdent les crêtes calcaires du Pilate. La grêle, dont les premières traces s'étaient fait sentir au midi du Napf, près du Grossenberg, augmenta en suivant la vallée de l'Emme à travers les communes Romoos, Doppelschwand, Wohlhausen et Werthenstein ; elle passa la Bramegg et s'abattit avec un maximum d'intensité sur les environs de Schachen. Puis elle continua sa marche sur Malters et Blatten, d'où le courant principal se jeta un peu au sud par le vallon du Renggloch sur Kriens, tandis qu'un autre bras plus faible marcha sur Littau et Lucerne. Là, les deux courants se réunirent de nouveau et les alentours de la ville furent encore le théâtre d'un maximum de destruction, qui s'étendit par-dessus le lac à la Seebourg et jusque vers Adligenschweil. A partir de ce point, jusqu'à Udligenschweil, la grêle diminua et plus loin elle disparut entièrement. La contrée de Zoug fut complétement préservée. Mais en outre, il faut remarquer que les journaux [1] ont signalé une épouvantable tempête de grêle, qui a désolé toute la March entre Reichenburg, Liebnen et Bilten, à deux heures trois quarts le même jour, et qu'à trois heures à peu près le même fléau atteignait le Toggenbourg, près d'Ebnat. En considérant toute cette ligne de Romoos dans l'Entlebuch jusqu'à Ebnat dans le Toggenbourg comme la route du même phénomène athmosphérique, on voit qu'il aurait ainsi envahi une zone de 100800 mètres de longueur sur une largeur d'à peine 3600 mètres (soit $^{1}/_{30}$ environ), en augmentant à quatre reprises de véhémence, pour s'affaiblir ou s'éteindre dans les intervalles [2].

[1] *Nouv. Gazette de Zurich*, nº 165-166.

[2] Le gouvernement de Lucerne ayant fait faire une estimation

Avant de parler des grêlons mêmes, je désire relever diverses particularités qui me paraissent mériter quelque intérêt. Lors de la chute des grêlons, on ne remarqua pas la moindre trace d'un tourbillon : toutes les maisons et tous les arbres n'ont été frappés et lésés que d'un seul côté, le même à peu près sur toute la largeur de la zone, le même aussi qu'indique la progression générale du phénomène. Ce vent ouest-sud-ouest est celui qui très-souvent amène à Lucerne le mauvais temps, le froid et l'humidité en hiver, et en été les orages. Aux environs de la ville, et plus tôt déjà, au Rengglоch, la direction du vent, au moment de la chute, tourna au nord-ouest, comme sous l'influence de la grande vallée de la Reuss qu'occupe le lac. En jugeant ainsi de la direction des

du dommage dans les communes de son ressort, nous en transcrirons un résumé, pour donner une idée juste de la destruction que quelques minutes ont pu causer.

Commune de	Romoos	fr.	5,000
»	Doppelschwand	»	1,500
»	Werthenstein	»	12,687
»	Entlebuch, Bramegg	»	20,000
»	Schachen	»	9,500
»	Littau	»	34,870
»	Emmen	»	8,462
»	Kriens	»	200,000
»	Lucerne	»	443,723
»	Horn	»	20,500
»	Matters, Blatten	»	321,240
»	Russweil	»	16,950
»	Adligenschweil	»	32,050
»	Udligenschweil	»	770
	Total	fr.	1,289,532

Quelques maisons ont eu plus de 1000 tuiles brisées. Le bâtiment du gouvernement perdit à lui seul 1164 vitres, et toute la ville de Lucerne 23441.

grêlons, il faut se dire, qu'on n'en observe réellement que la dernière phase, et que le vent le plus bas qui la détermine peut très-bien dépendre des inégalités de la terre ou de la marche générale du phénomène, sans que pour cela on puisse positivement réfuter l'existence de tourbillons dans les régions plus élevées, tourbillons dont on suppose ordinairement l'intervention dans les tempêtes de grêle. Toutefois des mouvements de ce genre ne pourraient guère rester sans influence sur les instruments météorologiques, notamment sur le baromètre qui par ses minima est devenu l'indice le plus sûr de leur présence. M. le professeur Grossbach a noté les observations suivantes :

	7 heures du matin.	2 heures après midi.
Thermomètre.	13° R.	10°,2.
Baromètre	26° 66 p°. de Fr.	26,675.

En admettant qu'à deux heures la température normale fut de 17° R. seulement, il y aurait eu un refroidissement de 7° R. par l'effet de la grêle, tandis que le baromètre n'aurait pas changé d'un dixième de ligne ! Ce fait de l'absence de toute influence de la tempête sur la pression atmosphérique, serait des plus frappants, si l'observation notée à deux heures pouvait réellement être considérée comme faite au moment de la crise, ce qui ne me paraît pas entièrement démontré. En tout cas, la perturbation atmosphérique n'a été que passagère et ne s'est pas présentée comme une transition entre des états très-différents.

On admet souvent, avec raison à certains égards, mais à tort à d'autres égards, que la grêle évite les hauteurs et choisit de préférence les contrées basses. Cette règle, énoncée sans restriction, est aussi fausse que celle

qui nie les chutes de grêle pendant la nuit ; néanmoins, il reste avéré que les orages à grêle sont relativement rares sur les hautes montagnes, et qu'au lieu de grêlons, il ne tombe ordinairement que du grésil. L'ouragan dont nous parlons a confirmé sous divers rapports la règle précédente. D'abord, il est partout resté hors des limites des chaînes calcaires et même des arêtes de Nagelflue, qui les précèdent, comme si celles-ci lui avaient commandé son cours. En second lieu, il est remarquable que les centres de destruction ne répondent nulle part aux points culminants du chemin parcouru, mais bien aux points les plus bas, trois d'entre eux au lieu de rencontre de grandes vallées, celles de la Reuss, de la Limmat et de la Thour. Il est vrai que le bassin du lac de Zoug, quoique soumis à des conditions analogues, n'a nullement été atteint. Enfin, on a remarqué avec surprise que le sommet du Sonnenberg, à l'ouest de Lucerne, malgré sa faible élévation de 388 mètres au-dessus du lac, avait été entièrement ménagé par le fléau, qui sévissait avec fureur dans les deux vallées latérales, à Malters et à Kriens. A mon avis, il serait prématuré de conclure de ce fait assez curieux, que la formation de la grêle ait eu lieu dans les basses régions seulement, et ne se soit pas accomplie déjà à la hauteur du Sonnenberg. Ce phénomène s'explique, en effet, très-simplement par une influence de la montagne, tendant à partager et faire dévier les courants d'air inférieurs et par une réaction de cette influence sur les couches les plus élevées et sur la trajectoire des grêlons pendant leur chute. Admettre une génération de la grêle dans les basses régions, serait ajouter une énigme de plus à toutes les difficultés que l'on a déjà à se rendre compte de la condensation et de la suspen-

sion de fortes masses de glace, comme celles dont les grêlons sont formés.

Mais arrivons à la description des grêlons. Les plus gros atteignaient la grosseur d'un œuf de poule. M. Kaufmann en a observé qui mesuraient 51mm de diamètre et pesaient jusqu'à gr. 15,6; les plus petits avaient un poids de 7 grammes. La forme des grêlons, tantôt se rapprochait d'une sphère entière ou partagée, tantôt d'une pyramide ou d'un champignon, quelquefois d'une demi-sphère. La substance de la glace était en partie trouble et opaque, en partie parfaitement limpide comme de l'eau. Les petits grêlons, d'une dimension inférieure à 15mm, étaient composés en entier de glace opaque. Dans les grands, elle occupait la partie centrale, dans ceux en forme de champignon le sommet aminci, dans les demi-sphères le centre de figure, comme si ces derniers n'eussent été réellement que des fragments de sphères plus grandes. Dans les gros grêlons on observait en outre des couches concentriques, tantôt complètes, tantôt partielles et s'effilant des deux côtés, alternativement formées de glace limpide et de glace trouble. Souvent l'un des côtés offrait plus de ces alternances que l'autre, et le centre laiteux ne correspondait pas au centre de figure. En somme, la glace opaque occupait au moins les trois quarts du tout ; dans un des grêlons, l'une des moitiés était blanche, l'autre transparente. Souvent chez les grêlons entiers, surtout s'ils étaient irréguliers, on découvrait dans la partie opaque une espèce de structure radiée, allant du centre de la substance vers la surface extérieure, et à la surface extérieure des grêlons, on observait un réseau hexagonal irrégulier, qui correspondait à cette structure.

En examinant à la loupe, on reconnaissait que l'opacité était causée par de petits globules d'air, qui se dégageaient lorsqu'on faisait fondre les grêlons, et montaient à la surface du liquide. Dans les petits grains ainsi que dans la partie centrale des gros grêlons, ces globules étaient ronds, assez réguliers et de $0^{mm},08$ à 0,3 de diamètre. Ils manquaient presque entièrement dans les parties transparentes. Là où la glace paraissait rayonnée, ils s'allongeaient dans la même direction, en conservant leurs contours arrondis ; ou bien, ils présentaient plusieurs renflements comme s'ils avaient été formés par la jonction d'un chapelet de globules. On a observé de ces globules allongés, qui avaient de $0^{mm},7$ à 1,2 de longueur sur $0^{mm},06$ de largeur, et qui étaient éloignés de la ligne voisine de 0,7 à 1,2. Le dessin réticulé de la surface provenait également de petits globules d'air, alignés en plus ou moins grand nombre sur les fils du réseau. Tous ces globules, à contours arrondis, quoique irréguliers, se reconnaissaient aisément à la large ligne obscure que présentent à la lumière transmise les corps transparents, plongés dans un milieu d'une densité très-différente.

Avec un grossissement de 50 fois on reconnaissait que ni la glace rendue opaque par l'interposition des globules d'air, ni celle qui paraissait parfaitement limpide, n'était formée d'une masse homogène. Dans l'un et l'autre cas elle se composait d'un aggloméral de *corpuscules* limpides, à contours fins et nets et ayant des formes et des dimensions assez variées. Au centre ils se rapprochaient de la forme de polyèdres isométriques à angles très-arrondis et mesurant de $0^{mm},1$ à 0,6 ; vers la périphérie et surtout dans les parties à structure

rayonnée, ils s'allongeaient considérablement jusqu'à 0mm,6 et 1,5 sur 0,3 à 0,6, ne laissant toujours entre eux que de petits espaces à angles aigus. Dans l'intérieur de chaque corpuscule on observait ordinairement un globule d'air (rarement deux) parfaitement sphérique, n'atteignant guère 0mm,13, et accompagné de petits points à peine visibles. Leurs petites dimensions et leur forme régulière faisaient de suite distinguer les *globules intérieurs* des *globules interposés,* décrits plus haut, lesquels entouraient ou entamaient souvent plusieurs corpuscules. Les globules intérieurs, ainsi que les points microscopiques, étaient également remplis d'air, car lorsqu'on les étudiait par le procédé de la fusion, ils montaient à la surface. Au contraire, les petits *interstices* entre les corpuscules ne contenaient pas d'air ; à plusieurs reprises on a vu les corpuscules se séparer par la fusion et nager isolément, sans que rien ne se détachât de leur contour. M. Kaufmann se demande si ces espaces ne seraient peut-être pas vides et si ce ne serait pas là la cause de l'agglomération des corpuscules? Cette hypothèse est inadmissible : le contour des corpuscules devrait dans ce cas se dessiner par une large ligne sombre comme dans l'air, au lieu de ne former qu'une ligne fine et nette. Il faut nécessairement que le milieu occupant les interstices soit peu différent de celui des corpuscules ; il ne peut donc guère être formé que d'eau ou d'une glace d'une nature un peu différente, produite peut-être à un autre moment.

Je ne sache pas qu'avant M. Kaufmann aucun observateur ait étudié la structure microscopique des grêlons ; il est rare qu'une personne, munie d'un bon instrument et capable de s'en servir avec fruit — bien observer, comme on le sait, est un art — se trouve sur

place au bon moment. Maintenant il s'agira d'établir par de nouvelles observations si cette structure est une propriété constante de la grêle, ou bien, ce qui paraît peu probable, une particularité des grêlons tombés à Lucerne. Dans le premier cas, ce sera un point de plus acquis à la science, et que nulle théorie ne pourra passer sous silence ; dans le second, cette anomalie resterait inexplicable. Sans vouloir me basarder dans le champ des hypothèses, il me semble qu'il y a deux manières très-différentes d'envisager cette structure. La première consisterait à considérer les grêlons comme formés d'une agglomération de corpuscules de glace préexistants, qui se seraient soudés par leurs points de contact, ainsi que M. Dufour l'a observé dans des globules d'eau refroidis au dessous de la température de congélation ; mais comment expliquer leurs formes polyédriques, ou dimensions irrégulières ? comment rendre raison de leur arrangement, de leur forme isométrique au centre, et allongée vers la périphérie ? comment comprendre la présence des globules interposés et leur disposition rayonnée ou réticulée ? Après mûre réflexion, il me semble qu'il faut abandonner cette idée, si plausible au premier abord, et revenir à l'idée bien moins facile à concevoir d'une formation assez prompte des grêlons entiers. Une masse d'eau, contenant de l'air en dissolution, gèle en dégageant des bulles d'air, qui au centre d'où part la solidification sont arrondies et de là s'allongent ou rayonnent dans la direction de la croissance de la glace. D'un autre côté, si l'on examine attentivement le commencement de la fonte sur les fleurs de glace qui ornent nos fenêtres, on les voit se désorganiser : les filaments de glace se divisent en petites articulations ; celles-ci, d'abord

angulaires, s'émoussent en laissant entre elles des interstices remplis d'eau. N'aurait-on pas là les deux éléments principaux dans la constitution des grêlons, les globules interposés et les corpuscules à interstices? L'un serait le résultat de la formation de la masse du grêlon, l'autre un commencement de sa fusion et de sa désagrégation, arrêtée peut-être par une nouvelle congélation. Au reste, je me garde bien de décider entre ces deux manières de voir, avant que de nouvelles observations aient été faites; il me suffit de les avoir soumises au jugement des physiciens et d'avoir attiré leur attention sur ce nouveau caractère du phénomène.

Zurich, le 30 décembre 1861.

Alb. MOUSSON, prof.

BULLETIN SCIENTIFIQUE.

PHYSIQUE.

E. EDLUND. — RECHERCHES SUR LES PHÉNOMÈNES CALORIFIQUES QUI SONT PRODUITS PAR LE CHANGEMENT DE VOLUME DES CORPS SOLIDES ET SUR LEUR RAPPORT AVEC LE TRAVAIL MÉCANIQUE EFFECTUÉ. (*Ann. de Pogg.*, 1861, n° 9.)

Le principe de l'équivalence mécanique de la chaleur a été jusqu'à présent, comme on le sait, l'objet de nombreuses recherches sur les gaz et les vapeurs. Ce principe toutefois, tel qu'il a été formulé en particulier par M. Clausius, est indépendant de la nature des corps sur lesquels on peut chercher à le vérifier, et le travail de M. Edlund consiste dans l'étude des modifications qu'apporte, dans l'état calorifique d'un corps solide, le travail mécanique extérieur effectué par les forces élastiques de ce corps.

Considérons un corps solide et supposons d'abord qu'on lui fasse subir un certain changement de volume; ce changement est accompagné d'une variation dans sa température. Si maintenant ce même corps, remis dans les mêmes conditions initiales, subit de nouveau le même changement de volume, mais qu'en même temps il se produise par le fait de ce changement un certain travail mécanique extérieur, la variation de la température du corps sera différente de ce qu'elle était dans le premier cas et cette différence, d'après le principe de l'équivalence mécanique de la chaleur, sera proportionnelle à la quantité de travail effectuée.

Il faut remarquer toutefois que le changement de volume devra être suffisamment petit pour que les limites d'élasticité du corps

ne soient pas dépassées et qu'ainsi le corps repasse dans les deux cas par la même série d'états moléculaires.

La principale difficulté de ces recherches est relative à la mesure des variations de température du corps soumis aux expériences, car ces variations sont très-petites et disparaissent rapidement sous la double action du rayonnement et de l'air ambiant. Il fallait, par conséquent, avoir recours à une méthode d'observation à la fois très-sensible et au moyen de laquelle on pût mesurer instantanément les changements de température. Un appareil thermo-électrique a permis de satisfaire suffisamment bien à ces deux conditions.

Les corps sur lesquels on expérimente sont des fils métalliques tendus verticalement. L'extrémité supérieure du fil est fixée à un bras horizontal fixe et son extrémité inférieure se visse à un levier mobile autour d'un axe horizontal, de telle façon qu'en baissant l'extrémité du levier, on peut allonger le fil, et qu'en la relevant, le fil se raccourcit. — Une tige verticale, portant un bassin sur lequel on pose des poids, est supportée par un chariot mobile le long du levier au moyen d'une petite roue, et l'on peut ainsi, en poussant ce chariot dans un sens ou dans l'autre, faire varier le point d'application du poids de l'extrémité du levier jusqu'à l'axe. On déduit l'allongement du fil de l'angle que fait le levier à un moment donné avec sa position initiale, et cet angle se mesure au moyen d'un miroir fixé au levier sur son axe, d'une lunette et d'une règle divisée.

Une pince thermo-électrique, composée de deux cristaux de bismuth et d'antimoine, se fixe sur le fil. Ces cristaux, taillés en cylindres, sont tenus dans deux étuis en os, fixés eux-mêmes à deux feuilles élastiques de laiton, retenues l'une à l'autre par trois vis de pression. On fixe la pince en serrant ces vis après avoir placé le fil entre le bismuth et l'antimoine. Deux vis de cuivre, auxquelles s'adaptent les fils d'un galvanomètre, sont en contact avec les deux éléments de la pince.

On se sert d'un galvanomètre de Weber dont le barreau ai-

manté a été remplacé par le système astatique de deux aiguilles, de manière à le rendre très-sensible. Le fil sur lequel on expérimente, dont la longueur a été en général d'environ 600mm, est renfermé dans une cage en bois à porte antérieure en verre, pour éviter autant que possible les influences calorifiques extérieures.

La quantité que l'on se propose de mesurer au moyen des déviations de l'aiguille du galvanomètre est, comme on l'a vu, la variation très-rapide de température du fil, et il était nécessaire de trouver en premier lieu comment cet élément dépend de celui que l'on observe. En traitant la question par le calcul et en admettant que l'intensité du courant thermo-électrique est proportionnelle à l'élévation ou à l'abaissement de température du fil, et en outre que la déperdition de chaleur du fil est à chaque instant proportionnelle à cette même quantité, on trouve que l'amplitude de la première excursion de l'aiguille est proportionnelle à la variation initiale de température du fil, supposée instantanée [1]. L'auteur a démontré en outre expérimentalement cette proportionnalité de la manière suivante sur un fil d'acier. On allonge le fil en conduisant un certain poids de l'axe jusqu'à l'extrémité du levier et on attend que le fil ait pris la température ambiante. On ramène alors le poids jusqu'à l'axe et il en résulte un réchauffement V auquel correspond une amplitude d'excursion X. On recommence l'expérience, mais au lieu de ramener le poids en une seule fois, on partage sa course en trois parties et on donne lieu ainsi à trois réchauffements successifs : v, v' et v'' et à trois amplitudes correspondantes, x, x' et x''. La moyenne résultant pour X de huit expériences étant 63, 56, on a trouvé pour la moyenne de la somme $x+x'+x''$, 63, 89. Ainsi ces deux quantités sont égales, et comme d'ailleurs la chaleur développée par la même contraction dans les mêmes conditions doit être

[1] L'auteur s'est assuré que les variations de température du fil produites par la dilatation ou la contraction sont bien instantanées par rapport à la durée de la première demi-oscillation de l'aimant. On a obtenu la même amplitude en donnant successivement à la dilatation ou à la contraction du fil les durées, deux et six secondes.

constante, la somme $v+v'+v''$ est aussi égale à V. De cette double égalité résulte la proportionnalité de v et de x.

Un fil d'acier de 1,14^{mm} de diamètre est introduit dans l'appareil. En faisant marcher un certain poids de l'axe jusqu'à l'extrémité du levier, on allonge le fil sous l'effort d'un certain travail mécanique. On ramène le poids à l'axe et le fil se contracte en effectuant ce même travail. On recommence l'expérience ; seulement, après avoir allongé le fil, on dégage son extrémité inférieure de la pince qui le tient attaché au levier et le fil se raccourcit dans ce second cas sans effectuer de travail extérieur. Chaque changement de volume donne lieu à une variation de température que l'on mesure par le galvanomètre. Les résultats suivants sont la moyenne de plusieurs expériences : p est le poids employé, u l'amplitude correspondant à l'allongement du fil, u' l'amplitude correspondant à sa contraction, $u_,$ et $u_,'$ ont les mêmes significations que u et u', mais sont relatifs au cas où le fil se contracte sans effectuer de travail ; c est l'allongement du fil. La déviation u est de sens contraire à u' et ce sens est tel que u correspond à une diminution de température, tandis que u' correspond à une augmentation ; il en est de même pour $u_,$ et $u_,'$.

p.	u.	u'	u,	u,'	c.
11.848	46.0	46,0	46.5	96.5	124,7
6.665	29.3	27.1	29.3	41.6	70.4
8.393	33.9	33 2	33.9	54.5	89 6
10.242	42.2	42.2	42 2	74.0	109,4
13.758	56.6	54.7	56.0	116.1	145 2

Dans ce tableau, les poids sont exprimés en livres suédoises; les amplitudes en parties de la règle divisée du galvanomètre, et les allongements en parties de la règle divisée qui sert à cette mesure. Il faut observer que $u_,$ est la même chose que u.

Il résulte en premier lieu des nombres de ce tableau que u et

u' ont sensiblement la même valeur, c'est-à-dire que la diminution de température produite par l'allongement du fil sous l'action d'un certain travail, est égale à l'élévation de la température qui se manifeste lorsque le fil se contracte en effectuant ce même travail.

En second lieu, les quantités u et u' ou puisqu'elles sont égales leur moyenne $\frac{u+u'}{2}$ est proportionnelle au poids correspondant, et si l'on calcule cette moyenne par la formule $\frac{u+u'}{2} = 4{,}021\ p$, on trouve des nombres qui concordent bien avec ceux du tableau.

Troisièmement, en retranchant dans chaque colonne horizontale du tableau la valeur de $\frac{u+u'}{2}$ de la valeur de $u_{,}'$, on trouve des restes qui sont proportionnels au carré du poids correspondant; ces restes peuvent se calculer par l'équation $u_{,}' - \frac{u+u'}{2} = 0{,}3221\ p^2$.

Quatrièmement, l'allongement du fil désigné par c est proportionnel au poids correspondant et se calcule par la formule $c = 10{,}6\ p$.

Considérons le fil pendant qu'il se contracte en effectuant un travail mécanique. Soit p' le poids qu'il soulève pendant qu'il se contracte de la quantité dx; l'intégrale

$$\int pdx$$

relative à l'allongement total exprime le travail total effectué; d'après ce qui précède, on a :

$$dx = 10{,}6\ dp'$$

l'intégrale devient donc

$$10{,}6 \int_{p'=o}^{p^1=p.} pdp = 5{,}3\ p^2.$$

et ce résultat fait voir que la différence $u_{,}' - \frac{u+u'}{2}$ proportion-

nelle, comme on l'a vu plus haut, au carré du poids est par conséquent proportionnelle au travail extérieur effectué, ce qui est conforme au principe de l'équivalence mécanique de la chaleur.

Une seconde série d'expériences, faites également sur un fil en acier, ont donné des résultats tout à fait concordants avec ceux qui viennent d'être exposés.

Pour montrer que le frottement développé entre le fil et le bismuth et l'antimoine de la pince ne produit pas une quantité de chaleur suffisante pour qu'elle entre en ligne de compte dans les expériences, l'auteur s'appuie sur l'égalité du réchauffement et du refroidissement produits par une contraction et une dilatation égales ; le frottement donnerait lieu, dans les deux cas, à un développement de chaleur, et cette égalité serait accidentelle. Pour ne laisser aucun doute à cet égard, M. Edlund a répété ces expériences en remplaçant la pince thermo-électrique par un disque très-mince de platine soudé au fil perpendiculairement à sa direction; les deux fils du galvanomètre sont mis en communication, l'un avec le disque de platine, l'autre avec l'extrémité supérieure du fil, et la sensibilité du galvanomètre a été augmentée à cause du peu d'intensité du couple thermo-électrique. Les expériences, faites comme précédemment, ont conduit aux mêmes conséquences.

L'auteur a successivement remplacé le fil d'acier par d'autres fils de différents métaux, argent, argentane, cuivre et platine, et a dans chaque cas vérifié l'exactitude des résultats obtenus en premier lieu. Ces expériences montrent que ces métaux se comportent comme l'acier, mais elles n'ont permis de rien établir sur la constance du rapport entre la chaleur disparue et le travail effectué. En effet deux séries d'expériences ne sont pas comparables entre elles à cause de l'impossibilité où l'on est de reproduire une pression parfaitement constante de la pince sur le fil. Or une variation même très-faible de la pression donne lieu à une variation considérable du courant, parce que, suivant l'auteur, la section du fil engagée dans la pince, section dont les modifications

de température agissent presque exclusivement pour produire l'amplitude que l'on mesure, subit des changements de volume qui dépendent de cette pression. En serrant d'abord fortement la pince et en la laissant ensuite aussi lâche que possible, on a obtenu successivement, avec le même fil et la même charge, pour la valeur de $u' - \frac{u + u'}{2}$ les nombres 34,12 et 34,25.

Les conclusions de ces premières recherches, que M. Edlund compte poursuivre, sont les suivantes :

Lorsqu'un métal est dilaté sans que l'on dépasse ses limites d'élasticité, il se refroidit. Le refroidissement est proportionnel à la force mécanique sous l'effort de laquelle il a été dilaté.

Lorsque le métal reprend son volume primitif et qu'en se contractant il développe un travail mécanique égal à celui qui a été dépensé pour le dilater, il se produit un échauffement égal au refroidissement de la dilatation. Ce réchauffement est donc aussi proportionnel à la force au moyen de laquelle le métal a été dilaté.

Lorsque le métal reprend son volume primitif sans effectuer de travail, le réchauffement est plus grand que dans le premier cas. La différence entre les quantités de chaleur développées est proportionnelle au travail effectué dans le premier cas.

Il suit de là que, lorsqu'un métal passe d'un volume V_0 à un volume V, sans que par ce changement les limites d'élasticité soient dépassées, la modification calorifique qui en résulte pour ce corps, ne dépend pas seulement du volume initial et du volume final, mais aussi des conditions dans lesquelles s'opère le changement.

Quelques expériences ont permis en outre à l'auteur de constater qu'une dilatation d'un fil au delà de ses limites d'élasticité, produit un réchauffement au lieu d'un refroidissement.

Otto Fiebig. De l'influence de la chaleur sur la phosphorescence. (*Pogg. Ann.* 1861. N° 10, p. 292.)

L'auteur a recherché sur quelques corps phosphorescents si l'on peut développer la phosphorescence par la chaleur seule, sans avoir auparavant soumis la substance à l'action de la lumière. Les sulfures de calcium, de barium et de strontium ont été préparés par le procédé de M. E. Becquerel et leur phosphorescence constatée. Ces substances, observées dans l'obscurité, ont cessé d'être lumineuses au bout d'un certain temps et on les a alors soumises à l'action calorifique d'une plaque de fer chauffée sans être rougie. La phosphorescence a reparu, mais après une seconde disparution, elle n'a pu être reproduite par le même procédé. Une exposition de la substance à la lumière l'a rendue phosphorescente de nouveau.

Une expérience analogue a été faite avec un fragment de fluorure de calcium coloré en vert. D'après M. E. Becquerel, cette substance devient phosphorescente sous l'action de la chaleur jusqu'à ce qu'elle ait perdu sa coloration, mais, dans cet état, elle a perdu cette propriété. Une forte élévation de température a d'abord développé dans le fluorure de calcium une lumière intense violette, puis après le refroidissement chauffé de nouveau, mais moins que la première fois, le fragment est resté complétement sombre, bien qu'il eût conservé sa couleur, ce qu'on a constaté en le remettant au jour. En troisième lieu on l'a chauffé très-fortement jusqu'à produire des décrépitements, la phosphorescence a reparu et lorsqu'on l'a regardé au jour, il avait perdu sa coloration. Néanmoins, chauffé de nouveau, il est encore devenu lumineux. — Ces expériences montrent donc que le fluorure de calcium possède la propriété de devenir phosphorescent à la suite d'une insolation antérieure sous l'action de la chaleur et que cette propriété subsiste après la perte de sa coloration.

M. Fiebig a constaté aussi l'influence de la chaleur sur la phosphorescence de deux liquides, l'esculine et la quinine. En chauffant par degrés une dissolution d'esculine, la teinte bleue se

fonce d'abord et prend une tendance au violet, puis elle redevient plus pâle, et, à 50 degrés environ, on peut difficilement la distinguer de la teinte ordinaire. En continuant à chauffer, la teinte diminue d'intensité en tournant au vert pâle. Avec une dissolution de quinine, la teinte diminue notablement d'intensité dans le voisinage du point d'ébullition. Pour les deux liquides, le refroidissement ramène la couleur ordinaire.

B. Wood. Sur un nouvel alliage facilement fusible. (Silliman's. J. N. S. T. XXX, p. 271.)

Le docteur B. Wood a pris un brevet pour la découverte d'un alliage facilement fusible qui se liquifie entre 65 et 71 degrés centigrades. Cet alliage se compose de 1 à 2 parties de cadmium, de 7 à 8 de bismuth, de 2 d'étain et de 4 de plomb. Les proportions peuvent être un peu modifiées suivant les propriétés que l'on veut surtout développer dans l'alliage. M. Wood a trouvé que le cadmium rend plus fusibles le cuivre, l'étain, le plomb et le bismuth, mais n'augmente pas la fusibilité de l'antimoine, de l'argent et du mercure. Les alliages de cadmium et de plomb, d'étain, d'argent et de mercure sont malléables, ceux de ce même métal et d'or, de cuivre et de platine, sont au contraire cassants. M. Poggendorff, en reproduisant ces résultats obtenus par M. Wood, rappelle que l'alliage de potassium et de sodium est encore bien plus fusible, puisqu'il est liquide à la température ordinaire.

A. Matthiessen. Sur un alliage propre a servir d'unité de résistance galvanique. (*Pogg. Ann.* 1861, n° 3, p. 353.)

L'unité de résistance absolue proposée par M. Weber ne laisse évidemment rien à désirer au point de vue théorique, mais son emploi exige des appareils spéciaux que beaucoup d'expérimentateurs n'ont pas à leur disposition. Les recherches de M.

Matthiessen sur la conductibilité des alliages[1] ont montré que dans certains cas la résistance varie très-peu avec les proportions des métaux constituants, et il était par conséquent vraisemblable qu'un alliage jouissant de cette propriété serait plus qu'un métal, tel que le cuivre ou le mercure, propre à constituer une unité invariable. M. Matthiessen énonce comme suit les conditions auxquelles cet alliage doit satisfaire :

1° Sa résistance doit être indépendante de la pureté des métaux avec lesquels on le prépare, de façon à ce que tout physicien ou chimiste puisse en retrouver l'étalon.

2° Elle ne doit pas être modifiée par le recuit.

3° Elle ne doit pas varier beaucoup par l'effet des changements de température.

4° Elle ne doit pas être modifiée par l'exposition à l'air.

L'alliage qui s'est trouvé satisfaire le mieux à ces conditions est formé de

2 parties en poids d'or,
1 » » d'argent,

ce qui correspond à très-peu près à des volumes égaux des deux métaux. Si l'on considère la courbe de conductibilité des alliages or et argent, on voit en effet qu'elle est en partie rectiligne, c'est-à-dire qu'on peut modifier l'alliage correspondant au milieu de la courbe et renfermant par conséquent 50 p. $^0/_0$ d'or en volume, en y ajoutant 1 et même jusqu'à 2 p. $^0/_0$ d'or ou d'argent, sans en faire varier sensiblement la conductibilité.

M. Matthiessen s'est adressé à un assez grand nombre de physiciens et de chimistes différents, en les priant de préparer cet alliage et de lui en envoyer chacun un échantillon. Lui-même en a préparé plusieurs échantillons avec des métaux de divers degrés de pureté. La formule pour cette préparation est la suivante :

Prendre six grammes d'or d'essayeur ou d'or le plus pur pos-

[1] Sur la densité et la conductibilité des alliages, par A. Mathiessen Pogg. Ann. 1860. N° 7. p. 21. — Archives des sc. phys. et nat. Nouv pér. t. IX. p. 259.

sible, et trois grammes d'argent idem. Fondre et couler trois fois et tirer l'alliage à la filière en fil d'environ un demi millimètre de diamètre.

La plupart des échantillons ont été reçus écrouis et ont été recuits par divers procédés. M. Matthiessen a mesuré la conductibilité de huit échantillons différents, avant et après le recuit. La plus grande différence entre deux des huit valeurs des conductibilités, ces conductibilités étant réduites à la température de 0°, est de 1,6 p. % de la valeur moyenne. Le recuit diminue la résistance et la différence moyenne entre la conductibilité de l'alliage écroui et celle de l'alliage recuit est de 0,3 p. %. Cette différence est bien plus grande pour les métaux qui servent habituellement d'étalon, elle est de 10 p. % pour l'argent, de 2,5 pour le cuivre, de 2,6 pour l'or. Ces premières mesures ont donc fait voir dans quelles limites la conductibilité de l'alliage est constante, de quelque façon qu'il ait été préparé et recuit.

L'influence de la température sur la conductibilité de l'alliage a été l'objet d'une série d'expériences soit pour les fils recuits, soit pour les fils écrouis. Pour les fils recuits, la conductibilité est donnée en fonction de la température par la formule :

$$\lambda = 100{,}3 - 0{,}07226\, t + 0{,}0000486\, t^2,$$

la conductibilité d'un fil écroui à 0° étant faite égale à 100.

Pour les fils écrouis il se présentera une difficulté dans les mesures, provenant de ce qu'un fil chauffé, puis refroidi, ne reprend pas immédiatement sa conductibilité primitive. Ce n'est qu'après l'avoir chauffé à plusieurs reprises que cette variation disparaît. Pour le métal écroui, la formule est :

$$\lambda = 100 - 0{,}06733\, t + 0{,}0000246\, t^2.$$

L'auteur a réuni dans un tableau les variations de conductibilité de quelques métaux correspondant à la variation de 0 à 100 degrés de leur température.

Argent (recuit)	28,5 p. %
Cuivre (id.)	29,0
Or (id.)	28,0

Mercure	8,7
Alliage, or, argent (écroui) . .	6,5
id. (recuit) .	8,7

Le tableau fait voir que, sous ce rapport aussi, l'alliage or-argent est plus avantageux à employer comme étalon que les métaux.

En ce qui concerne le prix de revient de l'alliage, 9 grammes du fil tiré coûtent environ 30 francs, mais il y a dans ce poids pour 19 francs d'or, de telle sorte que les frais se réduisent à peu de chose. Il est convenable de vernir le fil pour le protéger du contact du mercure.

FRANKENHEIM. SUR LES FACES CRISTALLINES QUI PROVIENNENT DES MODIFICATIONS ARTIFICIELLES D'UN CRISTAL. (*Pogg Ann.* 1861. Nº 7, p. 488.)

Il résulte des recherches de M. de Hauer sur les cristaux (*Comptes rendus de l'Académie de Vienne*), que l'on peut dans certains cas produire artificiellement une face cristalline en la découpant mécaniquement sur un cristal au moyen d'une scie ou d'une lime et en plongeant ensuite ce cristal dans la solution d'un sel isomorphe. Mais il faut que la face que l'on produit ainsi appartienne au système du cristal. Ainsi l'on découpe sur un octoèdre d'alun chromi-potassique les faces du cube et du dodécaèdre et on le plonge dans une dissolution d'alun ferri-potassique. Les faces que l'on a produites mécaniquement se développent et deviennent des faces cristallines naturelles. M. Frankenheim, qui s'est précédemment occupé du mode de production des cristaux, a repris cette question et a trouvé que la formation artificielle d'une face n'est pas la cause qui détermine sa formation naturelle dans la dissolution.

L'expérience de M. de Hauer, telle qu'elle vient d'être mentionnée, a été reproduite par l'auteur. Lors même que les faces artificielles ne sont pas parfaitement exactes, elles se transfor-

ment dans la dissolution en faces naturelles. Toutefois, au bout d'un certain temps, ces faces finissent par disparaître, celles du dodécaèdre d'abord, plus tard celles du cube, et le cristal, en grossissant, reprend la forme octaédrique. M. de Hauer avait déjà signalé le fait que les faces nouvelles ne se produisent pas seulement sur les faces mécaniquement formées, mais aussi d'une manière plus ou moins nette sur les autres angles et arêtes de l'octaèdre, et M. Frankenheim a trouvé non-seulement qu'il en est toujours ainsi, mais de plus que la formation de ces mêmes faces a lieu sur un cristal octaédrique qui n'a subi aucune modification mécanique. Leur formation artificielle n'a donc d'autre conséquence que de rendre plus apparentes les faces naturelles correspondantes. Suivant l'auteur, on doit dans cette expérience attribuer la production des faces cristallines nouvelles à la modification du liquide dans le voisinage immédiat du cristal. En effet, bien que l'alun chromi-potassique soit moins soluble dans l'eau que l'alun ferri-potassique, il s'en dissout une certaine quantité, et on en a la preuve soit dans la coloration de la couche cristalline, soit aussi dans la production, sur le fond de la capsule, de petits octaèdres d'alun de chrome. Plus tard, lorsque le sel de chrome est complétement entouré d'une couche de sel de fer, cette action particulière cesse et la cristallisation reprenant son cours ordinaire, l'octaèdre reparaît.

CHIMIE.

SCHOENBEIN. RECHERCHES SUR LES PROPRIÉTÉS DE L'OXYGÈNE ET DES CORPS SIMPLES HALOGÈNES. (*Verhandlungen der naturforschenden Gesellschaft in Basel.* Dritter Theil; zweites Heft.) — Suite [1].

3° *Action des peroxydes d'hydrogène et de baryum sur l'iode et sur l'iodure d'azote.*

Les expériences de M. Schœnbein prouvent que l'iode et l'eau oxygénée agissent fortement l'un sur l'autre ; il y a dégagement d'oxygène et formation d'acide iodhydrique. Ce fait paraît étrange puisque l'eau oxygénée et l'acide iodhydrique se décomposent mutuellement avec séparation d'iode. Mais l'auteur a constaté que cette dernière réaction n'a pas lieu dans des dissolutions suffisamment étendues d'eau. M. Schœnbein avait été conduit à prévoir ce résultat par sa théorie, d'après laquelle l'iode, étant un peroxyde appartenant à la classe des ozonides, devait être décomposé par un antozonide comme l'eau oxygénée. Il ne voit pas comment les chimistes, qui considèrent l'iode comme un corps simple, pourraient expliquer son indifférence en présence de l'eau et sa réaction sur l'eau oxygénée [2].

[1] Voyez *Archives, décembre* 1861.

Par suite d'une erreur lors de la mise en pages du numéro précédent de ce journal, l'ordre relatif de deux notes se rapportant aux pages 388 et 390 a été interverti. De plus, l'extrait de la troisième notice de l'auteur est demeuré incomplet. Nous reprenons donc ici, depuis le commencement de ce troisième mémoire, le résumé des recherches de M. Schœnbein.

[2] Il me semble que, pour l'expliquer il suffit d'admettre, sinon les théories, du moins les faits établis par M. Schœnbein lui-même, et je range parmi ces faits la distinction qu'il a établie entre deux classes opposées de peroxydes, les ozonides et les antozonides qui se décomposent réciproquement.

Il faut, de plus, admettre le principe suivant qui ne me paraît pas pouvoir être mis en doute. Lorsqu'on met en présence deux corps non susceptibles de réagir par eux-mêmes l'un sur l'autre, ce mélange se comportera dans une foule de cas comme s'il renfermait

Lorsqu'on fait agir l'iode sur de l'eau oxygénée contenant de la potasse, de la soude ou de l'ammoniaque, la réaction est beaucoup plus vive et le dégagement d'oxygène plus rapide. Il ne se forme dans ce cas qu'un iodure alcalin, sans trace d'iodate ou d'hypoiodite. La non formation d'un hypoiodite se conçoit aisément puisque l'auteur a montré, dans une des notices précédentes, que ces sels sont instantanément décomposés par l'eau oxygénée. Il est à peine besoin d'ajouter que M. Schœnbein ne considère point cette raison comme suffisante et qu'il voit dans ce fait une nouvelle preuve que l'iode est un composé oxygéné.

L'iode réagit promptement sur le bioxyde de baryum ; il en expulse complétement l'oxygène en donnant naissance à de l'iodure de baryum, sans qu'il se forme d'iodate comme dans l'action de l'iode sur la baryte. Ce fait prévu par la théorie de l'auteur lui

déjà tout formés les produits qui peuvent résulter de leur réaction réciproque, parce que la moindre affinité ajoutée déterminera cette réaction. Ainsi l'iode seul est sans action sur l'eau ; cependant l'eau iodée agit dans bien des cas comme un oxydant, comme si elle renfermait déjà de l'acide iodhydrique et de l'oxygène libre. Dans d'autres cas elle se comporte comme si elle renfermait de l'acide iodhydrique et de l'acide hypoiodeux (ou un acide oxygéné quelconque de l'iode appartenant à la classe des ozonides), et il suffit d'y ajouter une base pour que ces produits se forment réellement.

Ce principe admis, je vois dans un mélange d'eau oxygénée et d'iode, comme dans l'eau iodée, les éléments nécessaires pour former de l'acide iodhydrique et de l'acide hypoïodeux. On peut dire que ces produits y existent virtuellement et que toute cause chimique qui pourrait les manifester pourra aussi déterminer leur formation. Or cette cause se trouve dans la présence de l'eau oxygénée ellemême et dans la tendance qu'elle possède comme antozonide à détruire l'acide hypoïodeux qui est un ozonide. Cette tendance constitue une véritable affinité entre ces deux corps. C'est cette affinité qui détermine la réaction et, par suite, la production secondaire de l'acide iodhydrique.

Si cette explication paraît compliquée à M. Schœnbein, je lui demanderai à mon tour comment sa théorie explique qu'un antozonide comme l'eau oxygénée transforme l'acide iodhydrique en un ozonide (l'iode). C. M.

paraît aussi inexplicable que les précédents dans la théorie chimique actuelle [1].

L'eau oxygénée agit sur l'iodure d'azote comme sur l'iode, il se dégage de l'oxygène et un peu d'azote, il se forme de l'acide iodhydrique, de l'iodure d'ammonium, des traces d'acide iodique et un peu d'iode libre.

4. *Action de l'iode sur l'amidon et sur l'eau à une température élevée.*

On sait que l'empois d'amidon, coloré par l'iode, se décolore à 100 degrés et redevient bleu par le refroidissement. M. Baudrimont a essayé récemment d'expliquer ces faits par une volatilisation d'iode. L'expérience suivante prouve suffisamment la fausseté de cette explication.

Si l'on verse une dissolution bouillante d'amidon dans de l'eau saturée d'iode et portée aussi à 100 degrés, celle-ci ne se colore point en bleu, mais conserve la couleur jaune qui y démontre encore la présence de l'iode libre.

L'auteur cite encore d'autres expériences qui prouvent également que ce n'est point la volatilisation de l'iode qui produit la décoloration. Il maintient donc l'explication la plus usitée, qui consiste à considérer l'iodure bleu d'amidon comme un composé peu intime et peu stable qui se décompose par la chaleur et se reproduit par le refroidissement, de la même manière que certains sels hydratés.

Une dissolution aqueuse d'iode, maintenue longtemps à 100

[1] Cette explication n'est pas plus difficile que celle de la réaction précédente. L'iode agissant sur la baryte tend à produire un iodure et un hypoiodite, mais ce dernier sel, fort peu stable, se décompose immédiatement en iodure et iodate.

Lorsque l'iode agit sur le bioxyde de baryum, il tend à donner naissance aux mêmes produits, plus de l'oxygène libre. Mais à l'instant où l'hypoiodite de baryte prend naissance, il rencontre le bioxyde de baryum, et ces deux corps appartenant l'un à la classe des ozonides, l'autre à celle des antozonides, se décomposent réciproquement avec dégagement d'oxygène et production d'iodure de baryum. C. M.

degrés dans un tube fermé, se décolore complétement et perd la propriété de bleuir l'amidon. On peut alors y constater la présence de l'acide iodhydrique et de l'acide iodique. Ce fait peut paraître surprenant puisque l'on sait que ces deux acides se décomposent réciproquement ; toutefois M. Schœnbein a reconnu que leur décomposition mutuelle n'a pas lieu lorsqu'ils sont en dissolution suffisamment étendue. Le mélange, en effet, ne colore pas l'amidon, mais la coloration est immédiatement produite par l'addition d'acide sulfurique, sans qu'on puisse expliquer le rôle de cet acide dans cette circonstance.

Lorsque l'iodure d'amidon a été chauffé à 100 degrés assez longtemps pour qu'il ne se colore plus par le refroidissement, on y trouve de l'acide iodhydrique, mais pas d'acide iodique ; il faut donc que dans ce cas l'oxygène se soit porté sur l'amidon.

5. *Action de l'aldéhyde sur l'oxygène.*

De nombreuses expériences publiées depuis longtemps par M. Schœnbein l'ont conduit à admettre, comme une règle générale, que l'oxygène ordinaire n'a par lui-même aucun pouvoir oxydant, et que les corps qui peuvent se combiner directement avec lui ne le font que parce qu'ils le transforment préalablement en ozone.

Il a montré, en particulier, que la formation de l'ozone accompagne toujours l'oxydation lente de l'essence d'amandes amères. L'analogie entre cette essence et l'aldéhyde de l'alcool, et la manière toute semblable dont se passe l'oxydation de ces deux corps, rendaient très-probable la formation d'ozone lors de la transformation de l'aldéhyde en acide acétique. L'expérience a pleinement confirmé cette prévision. Toutes les fois que l'aldéhyde s'oxyde en présence de l'oxygène ordinaire ou de l'air, on constate la formation d'ozone par l'un quelconque des nombreux réactifs que M. Schœnbein a fait connaître pour ce corps. Ces expériences ont montré, en outre, que l'oxydation de l'aldéhyde et la formation de l'ozone se produisent avec une intensité proportionnelle et qui dépend essentiellement de l'action de la lu-

mière. L'action est très-rapide sous l'influence des rayons solaires, assez lente à la lumière diffuse. Elle paraît complétement nulle dans l'obscurité.

MINÉRALOGIE. GÉOLOGIE.

G. OMBONI. I GHIACCIAI, etc. LES ANCIENS GLACIERS ET LE TERRAIN ERRATIQUE DE LOMBARDIE. (*Atti della Soc. nat. in Milano*, 1861, t. III; avec une carte de l'ancienne extension des glaciers.)

M. Omboni nous donne de nombreux détails sur les diverses vallées qui débouchent en Lombardie, entre le lac d'Orta et Brescia, et sur tous les terrains glaciaires qu'elles renferment. On voit qu'il les a toutes visitées et qu'il a particulièrement examiné avec soin les traces laissées par les anciens glaciers à leurs limites inférieures. Il indique nettement les endroits où les énormes masses de glace, après avoir été encaissées longtemps dans les longues vallées du revers méridional des Alpes, venaient s'étaler et fondre dans la plaine en laissant devant elles des moraines terminales.

Nous ne donnerons pas les détails des observations de l'auteur dont quelques-uns se trouvent déjà dans le travail de MM. Martins et Gastaldi et dans celui de M. Zollikofer, mais nous reproduirons ses principales conclusions.

La dernière partie de l'histoire géologique de la Lombardie peut se diviser de la manière suivante :

1° *Époque pliocène.* La vallée du Pô fait partie de la mer pliocène. Les roches à fossiles marins de Varèse, de Nese, de San-Colombano et de Casteneddo, se déposent.

2° Dislocation lente et graduelle par laquelle les Alpes et les Apennins prennent leurs formes actuelles.

La vallée du Pô devient un grand golfe de la mer Adriatique avec une eau peu profonde. Formation des terrains quaternaires les plus anciens, qui constituent le passage au terrain pliocène

et qui renferment des ossements de gros quadrupèdes. Commencement de la formation et de l'extension des glaciers des Alpes, en conséquence d'un climat froid et humide. C'est la *première partie de l'époque glaciaire quaternaire*;

3° Les glaciers occupent toutes les vallées des Alpes et les bassins des lacs, jusqu'aux points où sont maintenant Sesto-Calende, Porto, Mendrisio, Como, Lecco, Iseo, etc. Les grands torrents dispersent les matériaux apportés par les glaciers et forment l'*alluvion ancienne*, qui étend peu à peu la terre ferme en restreignant le golfe. Les cailloux apportés par les glaciers perdent leur poli, leurs raies et leurs stries, s'arrondissent et font partie de l'alluvion. Les blocs s'arrondissent sous l'action des eaux. C est la *seconde partie de l'époque glaciaire;*

4° Les glaciers s'étendent encore, corrodent la partie supérieure de l'alluvion et arrivent là où se trouvent maintenant leurs moraines terminales. La production de l'alluvion se continue au delà. C'est la *troisième partie de l'époque glaciaire;*

5° Le climat devient moins froid. Les glaciers diminuent et arrivent lentement à leurs limites actuelles. Pendant l'époque du retrait se forment les moraines concentriques plus voisines des hautes Alpes. Les torrents corrodent les moraines qu'ils rencontrent et transportent les matériaux plus ou moins loin en formant la partie la plus superficielle de l'alluvion, qu'on peut nommer *alluvion moderne*. Les glaciers occupent encore longtemps les vallées les plus profondes et empêchent qu'elles ne soient remplies par les alluvions; puis ils fondent et le lac Majeur, le lac de Côme et de Lecco, le lac d'Orta, celui d'Iseo, etc, se forment. C'est la *quatrième* et la *dernière partie de l'époque glaiaire* qui se confond peu à peu avec l'*époque actuelle*.

G. DE MORTILLET. CARTE DES ANCIENS GLACIERS DU VERSANT ITALIEN DES ALPES. (*Atti della Soc. italiana di Sc. nat. in Milano*, 1861, t. III.)

La carte de M. de Mortillet, figurant l'extension des anciens glaciers qui ont envahi les vallées du revers méridional des Alpes, représente un beaucoup plus grand espace que celle de M. Omboni dont nous venons de parler. Elle s'étend de la vallée de la Stura, pas loin du col de Tende, jusque dans les environs d'Udine. L'espace occupé par les glaciers actuels et celui qui a été anciennement envahi par les glaciers de l'époque quaternaire y est indiqué par des hachures.

L'auteur donne beaucoup de détails sur les observations qui lui ont permis de faire ce grand travail. On regrette cependant qu'il n'y en ait pas un plus grand nombre.

Comme nous l'avons dit en rendant compte de sa notice sur le lac d'Iseo[1], il croit que les lacs du revers méridional des Alpes ont été creusés dans des terrains meubles par l'affouillement des glaciers.

Nous pouvons résumer à peu près de la manière suivante la théorie qu'il propose pour expliquer les phénomènes de l'époque quaternaire. Nous chercherons à le faire avec d'autant plus d'impartialité que nous ne partageons pas entièrement la manière de voir de l'auteur.

Après le dernier soulèvement des Alpes, il s'est formé des alluvions énormes stratifiées horizontalement et qui atteignent une grande hauteur. Ces alluvions existent en amont et en aval des grands lacs italiens. Sur ces alluvions reposent des terres glaciaires à cailloux striés et à blocs erratiques non roulés. Ce dépôt a été laissé par les glaciers qui s'avançaient plus ou moins dans la plaine. Ces glaciers en déblayant les grands bassins remplis d'alluvions anciennes ont creusé l'emplacement où se trouvent maintenant les lacs. Ils chassaient en avant les matières qu'ils

[1] *Archives*, 1860, t. IX, p. 160.

en retiraient et les accumulaient dans leurs moraines terminales.

Les alluvions qui se formaient pendant la grande extension des glaciers ont fait suite aux alluvions anciennes, et pendant l'époque du retrait les courants d'eau ont profondément attaqué les dépôts qui s'étaient formés antérieurement. Ils ont creusé les terrasses longitudinales qui bordent leurs cours actuels et n'ont pu combler complétement les grandes dépressions qui sont aujourd'hui les lacs.

M. l'abbé Ant. Stoppani. Essai sur les conditions générales des couches a Avicula contorta, sur la constitution géologique et paléontologique spéciale de ces mêmes couches en Lombardie et sur la constitution définitive de l'étage infraliasien. — Milan, brochure in-4°, 1861.

Le petit fossile qui porte le nom d'*Avicula contorta* était à peine connu il y a quelques années. Le général Portlock est le premier qui l'ait nommé en 1843 après avoir fait la géologie d'une partie de l'Irlande. Peu à peu ce fossile a pris une grande importance, qui est due à son abondance et à l'étendue des couches dans lesquelles il a été déposé.

M. Stoppani a divisé son essai en trois parties. La première renferme les notes bibliographiques ou résumé historique de l'étude des couches qui se trouvent sur l'horizon de *l'Avicula contorta*, la description des caractères de ces couches, l'indication de leur puissance qui paraît être faible en Angleterre, de douze mètres environ sur le revers nord des Alpes et de 800 à 1000 pieds en Lombardie. Quant à leur étendue, on les connaît en Irlande, en Angleterre, en Wurtemberg et en Bavière, en Westphalie, dans le Luxembourg, dans les départements de la Moselle et de la Meurthe, de la Côte d'Or, de l'Yonne, du Rhône, dans les Cévennes, en Savoie, en Suisse, dans le Voralberg et dans d'autres points de la chaîne des Alpes jusqu'en Hongrie. Partout es couches forment un horizon commode et clair.

Dans la seconde partie, M. Stoppani nous donne la description des couches à *Avicula contorta*, en Lombardie. Elles avaient été étudiées avant lui par M. Collegno, par M. Escher et par M. Omboni, mais il complète dignement les études de ces devanciers. Les couches à *Avicula contorta* y sont représentées par le dépôt de l'Azzaròla, formé de calcaire et de marne, uni aux schistes noirs et lumachelles qui lui sont inférieurs. Tous deux renferment l'*Avicula contorta* et une faune spéciale qui est déjà en partie décrite dans l'excellent et précieux ouvrage du même auteur « la Paléontologie lombarde, » dont cet essai n'est qu'un extrait.

Dans la troisième partie l'auteur nous montre que l'étude paléontologique des couches à *Avicula contorta* les classe dans le terrain jurassique, qu'elles sont assez importantes et assez nettement séparées de celles qui sont au-dessus et de celles qui sont au-dessous d'elles, pour faire un étage à part auquel il donne le nom d'*étage infraliasien*. Il indique exactement les synonymes dans d'autres pays : les principaux sont les couches de Kœssen, en Autriche ; le Bonebed et le white-lias, en Angleterre ; le Précurseur du lias ou Cloac du Wurtemberg ; les grès d'Helmsingen et de Lœvelange, dans le Luxembourg ; le grès d'Hettange ; la zone à *Ammonites planorbis* et à *A. Angulatus* de M. Oppel ; le calcaire d'Halberstadt ; le calcaire de Valognes ; le chôin bâtard de Lyon , le foie de veau de Bourgogne ; le Sinémurien en partie de d'Orbigny ; le quatrième étage du lias de M. d'Archiac ; la dolomie supérieure de Lombardie, etc. L'auteur résume toutes les classifications faites sur ce sujet par un tableau dans lequel il admet que l'étage infraliasien placé au-dessous de la zone à *Ammonites Bucklandi* est composé de la manière suivante : 1° Zone à *A. Angulatus;* 2° zone à *A. Planorbis;* 3° zone à *Terebratula Gregaria ;* 4° zone à *Bactryllium* reposant sur le Keuper.

Cet essai est une espèce de monographie qui a fait faire un grand pas à la science en résumant d'une manière parfaitement claire des notions éparses et mal coordonnées.

Désormais les couches à *Avicula contorta* serviront de limites

aux terrains triasiques. Cette classification est d'une haute importance pour la géologie des Alpes en particulier.

CH. MOORE. ON THE ZONES, etc. SUR LES ZONES DU LIAS INFÉRIEUR ET SUR LA ZONE CONTENANT L'AVICULA CONTORTA. (*Quarterly Journal of the Geological Society*, 1861, t. XVII, 483.)

L'auteur rappelle que le Dr Wright s'est occupé du même sujet[1] et il donne plusieurs coupes prises dans le Somersetshire près Ilminster. Il décrit les couches liasiques de ces localités, celles à *Avicula contorta* et celle du keuper qui sont dans le voisinage. Il indique les subdivisions de cette partie inférieure du lias, et la vraie position du *white-lias*. Il n'est pas d'accord avec le docteur Wright sur les subdivisions de ce dépot. Ce dernier le divise de la manière suivante : 5e zone contenant l'*Ammonites Bucklandi* ; 6e zone *Ammonites planorbis* (renfermant le *white-lias* et la couche à Ostrea); 7e la zone *Avicula contorta*; tandis que les subdivisions de M. Moore sont : 5e zone à *Ammonites Bucklandi;* 6e zone à *Ammonites planorbis*; 7e zone des *Enaliosauriens*; 8e *white-lias*; 9e zone à *Avicula contorta*. Les couches 8 et 9 sont l'équivalent des « *Kossenerschichten* ou des couches *Rhætiques* » de M. Gumbel et autres géologues du continent. Les principaux arguments de l'auteur pour établir ces subdivisions reposent sur l'examen des sections. — Son travail se termine par la description de soixante espèces fossiles appartenant aux couches *Rhætiques* de l'Angleterre ; vingt-huit de ces espèces sont nouvelles.

SC. GRAS. CONSIDÉRATIONS THÉORIQUES SUR LES PHÉNOMÈNES DE LA PÉRIODE QUATERNAIRE. (*Société philomathique de Paris*. 25 mai 1861. Institut 1861, p. 222.)

M. Sc. Gras divise en quatre étages la série des terrains auxquels on a donné le nom de Diluvium. En voici le tableau, en commençant par le plus ancien.

[1] *Archives*, 1860, t. IX, p. 159.

1° *Diluvium des vallées* ou *inférieur.* — Il occupe le fond des vallées où il est en partie caché par les alluvions modernes. Souvent il sort de dessous ce dernier terrain pour s'élever à une hauteur considérable. Il renferme des blocs volumineux. Dans le bassin de la Seine, il se distingue de l'alluvion actuelle par ses cailloux de granit et par des blocs de grès et de poudingues. Dans le Bas-Dauphiné il a une puissance de plusieurs centaines de mètres; il renferme près de Lyon des cailloux striés: ce qui semblerait indiquer une ancienne extension des glaciers placés au commencement de l'époque quaternaire et un climat tout différent. On trouve aussi avec les cailloux striés des corps marins, ce qui prouve une invasion de la mer.

2° *Diluvium des plateaux.* — Il consiste en une nappe argilo-sableuse colorée par de l'oxyde de fer, mêlée de cailloux de quarz. Aux environs de Paris on l'observe à la surface des plateaux les plus élevés. M. de Sénarment s'en est occupé en détail. Dans les vallées du Rhône et de la Saône, il est placé sur de vastes étendues à une grande hauteur au-dessus des rivières.

3° *Diluvium des terrasses.* — Par sa position topographique, il est intermédiaire entre les deux précédents. Il recouvre les terrasses. On y distingue deux assises: la plus ancienne est caillouteuse, la plus récente argilo-sableuse, c'est le *diluvium rouge* des environs de Paris, le lehm du Rhin. Il est formé d'un gravier siliceux rougeâtre dans la vallée du Rhône. Il s'est déposé après que les vallées avaient été creusées en partie.

4° *Blocs erratiques superficiels.* — Ils manquent dans les pays de plaine. Beaucoup de géologues pensent qu'ils ont été apportés par des glaciers, ce qui nécessite un changement de climat inexplicable. Leur dispersion a été le dernier phénomène de la période quaternaire.

On peut résumer de la manière suivante la succession des phénomènes qui ont produit ces terrains.

Les vallées ont été creusées au commencement de l'époque quaternaire. Elles ont été remplies par le diluvium inférieur;

puis est arrivé le diluvium des plateaux, et les vallées ont de nouveau été creusées. M. Gras regarde ces phénomènes comme indépendants de toute hypothèse, et il croit qu'on peut les expliquer d'une manière plausible en admettant qu'il y a eu des mouvements oscillatoires de l'écorce du globe, analogues à ceux qui semblent être prouvés par les alternances des couches marines, et des couches d'eau douce du bassin de Paris.

Dans le but de démontrer qu'une pareille hypothèse expliquerait la formation de ces terrains, M. Gras recherche ce qui devrait se passer maintenant s'il se produisait une oscillation du sol. Si le niveau de la mer s'élevait peu à peu, il reformerait des atterrissements qui combleraient toute la vallée. Ces dépôts seraient mélangés de gros cailloux, ils auraient une grande puissance dans le voisinage des montagnes. Ils seraient semblables au *diluvium des vallées*. Si les glaciers arrivaient jusqu'à cette nappe d'eau, on y trouverait des cailloux striés et de gros blocs. Il pourrait s'y trouver des animaux marins.

Le retrait des eaux aura lieu par un exhaussement du sol, les parties les plus hautes sortiront les premières. Il s'établira des courants allant à la mer, coulant à un niveau élevé, charriant des matières et les étendant à la surface des plaines; ils formeront un dépôt analogue à celui du *diluvium des plateaux*. Peu à peu ces cours d'eau s'encaisseront.

Si la mer ne se retirait pas d'une manière continue, mais si ce retrait avait des temps d'arrêt, il se produirait à divers niveaux un terrain semblable au *diluvium des terrasses*.

Quant à la cause du transport des blocs erratiques, M. Gras partage l'opinion de la plupart des géologues qui l'attribuent à des glaciers, cette hypothèse étant la seule qui puisse raisonnablement expliquer tous les détails de leur gisement. Cette seconde époque glaciaire paraît avoir coïncidé avec le mouvement d'abaissement du sol, tandis que la première coïncidait avec un mouvement ascensionnel du sol. Mais on explique difficilement la cause du changement qui doit avoir eu lieu dans la température.

D. MILNE-HOME. NOTES OF ANCIENT, etc. NOTES SUR LES ANCIENS GLACIERS PRISES PENDANT UNE COURTE VISITE FAITE A CHAMOUNIX ET DANS SES ENVIRONS, EN SEPTEMBRE 1860. (*The Edinburg new philosophical Journal*, 1861. t. XIV, p. 46.)

M. Milne-Home a parcouru pendant quelques jours les environs de la chaîne du Mont-Blanc. Il a fait les principales courses que les étrangers font à l'ordinaire dans cette région Il a été au Montanvert, au Chapeau, à la Flégère, dans les environs des Ouches, à Valorsine, etc.; puis il a visité quelques parties de la Suisse et de la Savoie, dans le but d'étud er les terrains glaciaires et les dépôts erratiques. Il nous indique ses observations. Nous ne les reproduirons pas; elles nous entraîneraient dans trop de détails locaux, mais nous dirons quelques mots de sa théorie.

Comme base des hypothèses qui se suivent dans cette théorie, l'auteur admet qu'il est impossible de nier l'ancienne présence des glaciers qui remplissaient toute la vallée de Chamounix et celle du Rhône jusqu'au Jura. Cette énorme extension tient à deux causes suivant l'auteur. La première a été la grande élévation du sol qui eut lieu dans le nord de l'Europe en vertu de laquelle, pour se servir des expressions de M. Lyell, « presque » toute la mer, depuis le pôle jusqu'au 45° de longitude avait » été gelée. » La seconde consiste dans l'élévation du sol de la basse Suisse, qui était telle que les glaciers de Chamounix en particulier pouvaient descendre jusqu'à Genève sans rencontrer une température qui déterminât leur fusion. Il fallait donc que ce sol fût de 5000 pieds (anglais) environ plus haut que maintenant. Après donc que la mer eut déposé la mollasse marine, elle fut chassée de la Suisse par un exhaussement du sol qui porta celui-ci à 5000 pieds environ au-dessus de son niveau actuel. Les glaciers s'avancèrent alors, remplirent les vallées, ceux du Rhône et de l'Arve s'étendirent au delà de Genève, etc. Ils déposèrent les blocs erratiques et le terrain glaciaire. Plus tard, le sol s'abaissa graduellement et alors, la température en s'éle-

vant, fit reculer les glaciers jusque dans les parties hautes des vallées. Le sol s'abaissa assez pour que la mer envahît de nouveau la Suisse. Elle y laissa, d'après M. Milne-Home, des traces évidentes de son séjour dans les grands dépôts stratifiés qui sont si répandus en Suisse. Le climat était plus chaud alors que maintenant ; ce fut le moment où vécurent les éléphants, les antilopes, etc., et les glaciers étaient plus petits que maintenant. Enfin, à la troisième époque le sol se releva, et c'est pendant ce mouvement du sol que se formèrent les terrasses le long des cours d'eau actuels.

Ces hypothèses sont sans doute fort ingénieuses, mais je ne crois pas qu'on puisse trouver des observations et des faits suffisamment nombreux pour les étayer. Je ne vois nulle part des traces du retour de la mer après l'extension des glaciers et jusqu'à présent on n'a trouvé en Suisse aucun fossile marin se rapportant à cette époque.

A. F.

M. LE CAP. R.-L. PLAYFAIR. ON THE OUTBURST, etc. SUR UNE ÉRUPTION VOLCANIQUE PRÈS EDD, SUR LA CÔTE AFRICAINE DE LA MER ROUGE. (*Quarterly. Journ. of Geol. Soc.* 1861, XVII, 552.)

A Edd, latitude 13° 57', longitude 41° 4' Est, à peu près à moitié chemin entre Massouah et le détroit de Bab-el-Mandeb, on a ressenti pendant environ une heure des secousses de tremblement de terre dans la nuit du 7 et vers le matin du 8 mai 1861. Au lever du soleil il y a eu une chute de poussière, d'abord blanche et après rouge ; le jour était obscurci et la poussière était si abondante, qu'elle s'élevait presque jusqu'aux genoux. Le 9, la poussière diminua. Dans la nuit, on vit le feu et la fumée sortir du Jebel Dubbeh, montagne placée à environ une journée de voyage dans l'intérieur des terres, et l'on entendit des détonations semblables à celles du canon. Les mêmes bruits se firent

entendre à Périm le 8 mai à deux heures du matin environ et à de longs intervalles dans la journée du 10 et dans celle du 11. La poussière fut emportée fort loin en pleine mer, elle ne cessa de tomber pendant plusieurs jours sur toute la côte de Yemen. Plusieurs secousses ont été ressenties le 8, à Mokha et à Hodaida.

M. J. PRESTWICH. NOTES SUR QUELQUES NOUVELLES DÉCOUVERTES D'INSTRUMENTS DE SILEX DANS LE DILUVIUM, AVEC QUELQUES DIRECTIONS POUR EN CHERCHER AILLEURS. (*Quarterly J. of geologic. Soc.* Août, 1861.)

On sait que l'auteur a présenté à la Société royale et a publié dans les *Transactions philosophiques* un important mémoire sur les instruments de silex découverts à Amiens, Abbeville et Hoxne, et sur toutes les circonstances de gisement où ils se trouvent. Les conclusions étaient : 1° Que les instruments de silex sont le résultat du travail de l'homme.

2° Que ces instruments sont enfouis dans des bancs de gravier, de sable et d'argile qui n'ont jamais été remaniés artificiellement.

3° Qu'ils sont associés à des coquilles terrestres, d'eau douce et marine, d'espèces vivant actuellement, dont un grand nombre sont encore communes dans les environs, ainsi qu'à des mammifères variés dont un petit nombre appartiennent à des espèces vivantes et beaucoup se rapportent à des espèces perdues.

4° Que l'époque à laquelle l'enfouissement de ces instruments a eu lieu était postérieure au dépôt d'argile à blocs erratiques, etc.

Depuis cette publication, on a découvert de semblables instruments de silex dans diverses parties de l'Angleterre. Dans le comté de Suffolk, entre Icklingham et Mildewhall, ainsi que dans le gravier de « Rempart hill, » dans la vallée de la Lark. Ce gravier est moins ancien que l'argile à blocs erratiques des environs. Dans le Kent, MM. Leech, Evans et l'auteur lui-même ont trouvé quelques instruments de silex au pied d'une falaise

entre Herne Bay et les Reculvers. M. Prestwich croit qu'ils proviennent d'un dépôt d'eau douce placé sur le sommet de la falaise. M. Evans et lui ont encore trouvé quelques-uns de ces instruments près de Whitshall. M. J. Wyatt a récolté plusieurs de ces échantillons près de Biddenham, près Bedford, dans un gravier d'origine d'eau douce plus récent que l'argile à blocs erratiques. Dans le Surrey, on a encore trouvé un échantillon dans le gravier de Peasemarsh, ainsi que dans le Herts où il était placé à la surface d'une colline de craie près de Abbots Langley.

M. Prestwich termine son travail en indiquant un grand nombre de localités où, d'après lui, on découvrira probablement des silex taillés.

ZOOLOGIE, ANATOMIE ET PALÉONTOLOGIE.

J. Reinhardt. Om nogle smaa Gruber, etc. Sur quelques petites fossettes dont les écailles de certains ophidiens sont ornées. (*Videnskabelige Meddelelser fra den nat. Forening i Kjœbenhavn for Aaret 1860.* Andet Aarti. II, p. 209. Kjœbenhavn, 1861.)

La cuirasse écailleuse des ophidiens peut être d'une grande utilité pour la classification à cause de la facilité avec laquelle on peut l'étudier. Les écailles proprement dites peuvent fournir, tout aussi bien que les plaques céphaliques, ventrales ou caudales, d'excellents caractères tirés soit de leur forme, soit de la constitution de leur surface, soit enfin de leur distribution. Aussi a-t-on consacré dès longtemps une grande attention au système cutané des serpents. Cela n'a pas empêché M. Reinhardt de découvrir une particularité des écailles très-générale, et souvent très-évidente, qui avait échappé à tous les observateurs, malgré son importance au point de vue diagnostique.

Il y a douze ans environ que, durant son séjour au Brésil, M. Reinhardt observa de petits points blanchâtres et brillants

semés sur le corps du serpent vert, commun dans ce pays, serpent que Lichtenstein désignait sous le nom de *coluber Olfersii*, et que M. Wagler a pris pour type de son genre *Philodryas*. Un examen plus attentif fit reconnaître à M. Reinhardt que chaque écaille de cet ophidien est munie, près de son extrémité postérieure, d'une petite dépression ou fossette dont l'éclat est plus vif que celui du reste de l'écaille. Ces impressions cessent d'exister à une petite distance de la pointe de la queue. En outre elles font défaut, dans la partie antérieure du corps, aux deux rangées d'écailles les plus rapprochées des plaques ventrales, et même, plus en arrière, à trois ou quatre rangées ventrales. A la racine de la queue, il n'y a plus que six rangées d'écailles munies de fossettes ; ce nombre tombe bientôt à trois, et, à quelques pouces plus loin, il n'y en a plus que deux.

Lorsqu'on enlève avec soin l'épiderme de quelques écailles munies de fossettes et qu'on l'examine à la loupe, on reconnaît qu'il n'existe aucune ouverture correspondant aux fossettes. L'épiderme est seulement très-aminci à cette place, et transparent comme du verre. On ne découvre pas davantage d'ouverture dans la fossette du derme, et, par conséquent, pas de canal ni de cavité conduisant dans l'intérieur de l'écaille.

M. Reinhardt a été naturellement conduit à comparer d'autres ophidiens avec les Philodryas, au point de vue de cette particularité. Parmi 191 espèces examinées jusqu'ici, il a reconnu l'existence des fossettes chez 106. La fréquence de ces petits organes est sans doute encore plus grande qu'on ne pourrait le présumer d'après le rapport de ces deux chiffres. En effet, M. Reinhardt a examiné relativement un plus grand nombre d'espèces des groupes dépourvus de fossettes que de ceux qui en sont munis.

Chez beaucoup d'espèces, les fossettes sont aussi grandes et même plus grandes que chez les Philodryas, et, dans ce cas, elles sont facilement reconnaissables à l'œil nu. Souvent aussi elles sont plus petites et ne peuvent être bien distinguées qu'à

l'aide de la loupe. Tantôt il n'en existe qu'une seule sur chaque écaille, tantôt il en existe deux. Chez les ophidiens à écailles lisses, les espèces à une fossette et celles à deux fossettes sont à peu près en nombre égal. Chez les ophidiens à écailles carénées, les fossettes, lorsqu'elles existent, sont presque toujours au nombre de deux par écaille, une de chaque côté de la carène. Quelques espèces cependant n'en ont qu'une seule.

La fonction des fossettes est jusqu'ici inconnue. Ces organes ne sont en relation avec aucune glande, et ne constituent jamais de différence sexuelle. En revanche, ils peuvent être utilisés comme moyen de contrôle pour les systèmes herpétologiques. La classification de Duméril et Bibron, basée essentiellement sur la dentition, établit des groupes qui ne coïncident nullement avec l'absence, la présence ou le nombre des fossettes des écailles. Or M. Reinhardt considère cette classification comme essentiellement artificielle. Il reconnaît à la dentition une importance systématique incontestable dans de certaines limites, mais il ne pense pas qu'on puisse la considérer comme un caractère dominant tous les autres. Tous les essais faits jusqu'ici de classer les serpents d'après la seule dentition ont amené à rapprocher des espèces très-disparates et à séparer des espèces voisines. En revanche, M. Reinhardt considère comme très-naturels les groupes que Schlegel a établis sous le nom de genres. Il pense que le système de cet auteur est le meilleur dans l'état actuel de la science, pourvu qu'on y introduise les modifications proposées en 1858 par M. Günther, dans le Catalogue des Ophidiens du *British Museum*. Or la distribution des fossettes est généralement en accord avec les coupes établies dans ce système. Il y a sans doute des exceptions, mais on trouve des familles entières avec deux fossettes, d'autres avec une seule ; d'autres qui en sont privées. En outre, les familles dont toutes les espèces se comportent de la même manière, sous ce point de vue, sont généralement des familles très-naturelles.

M. Reinhardt lui-même n'accorde point une importance exa-

gérée aux fossettes en question. Il ne songe point à s'en servir comme base d'une classification. Il n'en est pas moins intéressant de trouver dans une particularité en apparence futile une sorte de confirmation du droit qu'ont eu certains auteurs d'établir telle ou telle famille. Ce caractère accessoire peut être d'ailleurs utile dans certains cas pour déterminer les affinités probables d'un ophidien à position douteuse. Nous renvoyons au mémoire original ceux qui voudraient consulter le catalogue des espèces à une ou deux fossettes et de celles qui sont privées de ces dépressions.

JOHN LUBBOCK. ON SPHÆRULARIA, etc. SUR LA SPHÉRULAIRE DES BOURDONS. (*The natural History Review*, 1861, p. 44.)

La *Sphærularia Bombi* est un singulier nématode découvert en 1836 par M. Léon Dufour. Ce savant l'avait pris d'abord pour une larve de diptère, mais reconnut bientôt qu'il doit être classé parmi les helminthes. C'est un ver cylindrique, obtus aux deux extrémités et couvert sur toute sa surface de granulations sphéroïdales semblables à des vésicules subdiaphanes. Il habite la cavité abdominale de plusieurs espèces de bourdons. M. de Siebold reconnut plus tard que les sphérulaires n'ont ni bouche ni anus. Il trouva chez elles le canal intestinal remplacé par une série d'utricules allongés, adhérents ensemble, autour desquels s'enroulent les organes génitaux Tous les individus adultes observés par lui se trouvèrent être des femelles, incapables de tout mouvement. Les jeunes individus au contraire étaient très agiles.

M. Lubbock a retrouvé la *Sphærularia Bombi* dans la cavité abdominale des grosses femelles de huit espèces de bourdons. Il a confirmé les observations de ses devanciers et les a étendues.

Les Sphærularia sont privées non-seulement de canal intestinal, mais encore de système nerveux et circulatoire, et même de muscles. De là la vie purement végétative des individus adultes.

En réalité, la cavité du corps est entièrement remplie par deux organes relativement énormes : la double rangée des cellules de sécrétion et l'ovaire. M. Lubbock pense devoir assimiler le premier de ces organes au prétendu *corps adipeux* décrit par M. Meissner chez les Mermis. Quant à l'ovaire, il est conformé comme chez les autres nématodes ; c'est un nouveau cas à l'appui des observations de MM. Claparède, Leuckart, Munk, etc., et M. Lubbock se prononce comme ces derniers contre le schéma de formation des œufs proposé par M. Meissner. L'utérus est rempli par des œufs en voie de segmentation, sans que les œufs les plus rapprochés de la vulve soient jamais développés jusqu'au point de renfermer un embryon. — Les jeunes individus qui sortent des œufs et s'ébattent dans la cavité abdominale des bourdons sont très-alègres, leur nombre est souvent très-considérable. Dans certains cas M. Lubbock a pu l'évaluer à plus de 100,000 dans un seul bourdon.

Les mâles des Sphérulaires sont, selon M. Lubbock, de petits vers qu'on trouve adhérents au corps des femelles. M. Alex. von Nordmann a été le premier à découvrir que les mâles de certains crustacés (Actheres, Brachiella, Chondracanthus, Anchorella) sont beaucoup plus petits que les femelles, et M. Darwin a fait des observations toutes semblables chez les cirripèdes des genres Scalpellum et Ibla. Cependant il y a loin de cette disproportion à celle que M. Lubbock établit chez les Sphérulaires, puisque chez ces nématodes le volume du mâle serait 28,000 fois plus petit que celui de la femelle ! Cette disproportion est si étonnante qu'on semble être en droit de désirer, sur les rapports sexuels de ces vers, des observations plus concluantes que la simple adhérence, il est vrai assez constante, des deux individus.[1]

[1] Pour ce qui me concerne, j'ai répété les observations de M. Lubbock et j'ai trouvé que les bourdons de Genève se comportent, sous le rapport de leurs parasites, comme ceux d'Angleterre. Je tiens aussi pour à peu près certain que le petit ver qu'on trouve presque toujours uni à chaque sphérulaire est le mâle de ce nématode.

E. CLAPARÈDE.

La manière dont les jeunes vers passent d'un bourdon à un autre est encore entièrement obscure. Il est curieux que les individus infestés par eux soient toujours des femelles. M. Lubbock n'a jamais observé une seule Sphérulaire dans le corps d'un bourdon mâle ou ouvrier.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

sous la direction de

M. le Prof. E. PLANTAMOUR

PENDANT LE MOIS DE DÉCEMBRE 1861.

Le 7, au matin de bonne heure, il neigeait ; la hauteur de la neige était de 5^{mm} à 6 h. 30 m. Cette neige a disparu rapidement dans la matinée, même sur le flanc des montagnes.

8, couronne lunaire à plusieurs reprises dans la soirée, puis brouillard.

9, 10, 11, 12, 13, 14, brouillard toute la journée.

15, brouillard le matin ; couronne et halo lunaire à plusieurs reprises dans la soirée.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM.	mm	MINIMUM.	mm
Le 2, à 10 h. matin....	735,09		
		7, à 6 h. matin ...	720,68
12, à 10 h. matin....	735,07		
		13, à 2 h. soir.....	726,92
15, à 10 h. matin	736,39		
		19, à 2 h. soir.....	720,07
28, à 10 h. matin	736,88		

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 h.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale.	Température C. Moyenne des 24 heures.	Température C. Écart avec la temp. normale.	Température C. Minim.	Température C. Maxim.	Tension de la vap. Moy. des 24 h	Tension de la vap. Écart avec la tension normale.	Fract. de saturation en millièmes. Moy. des 24 h.	Fract. de saturation en millièmes. Écart avec la fraction norm.	Fract. de saturation en millièmes. Minimum	Fract. de saturation en millièmes. Maximum.	Pluie ou neige. Eau tomb. d. les 24 h.	Pluie ou neige. Nomb. d'h.	Vent dominant.	Clarté moy. du Ciel.	Temp. du Rhône. Midi.	Temp. du Rhône. Écart avec la temp. normale.	Limnimètre à midi.
	millim.	millim.	o	o	o	o	mm.	millim.					mm.				o	o	pouces
1	732,05	+ 5,29	+ 4,30	+2,00	— 0,3	+ 9,6	5,87	+1,33	921	+ 65	790	1000	...	..	SSO. 1	0,68	..	....	38,2
2	734,21	+ 7,42	+ 3,92	+1,75	— 0,6	+ 7,8	4,88	+0,38	808	— 48	630	1000	..	.	NNE. 2	0,26	8,6	+ 0,7	38,3
3	733,56	+ 6,74	+ 2,36	+0,32	+ 0,8	+ 1,2	4,23	— 0,23	791	— 66	740	850	..	.	NNE. 1	1,00	8,4	+ 0,6	38,2
4	731,49	+ 1,64	— 0,46	—2,38	— 1,6	+ 1,2	3,55	— 0,87	816	— 41	760	850	..	..	NNE. 2	1,00	8,1	+ 0,4	38,1
5	724,86	— 2,02	+ 0,04	— 1,76	— 2,7	+ 3,4	4,12	— 0,27	886	+ 29	780	950	2,3	3	variable	0,93	8,1	+ 0,5	37,5
6	724,20	— 2,70	+ 2,23	+0,51	+ 0,2	+ 5,6	3,77	— 0,59	713	—145	500	900	...	..	variable	0,60	8,1	+ 0,7	36,5
7	721,06	— 5,86	+ 4,22	+2,65	0,0	+ 8,8	6,18	+1,85	969	+111	840	1000	21,7	15	NNO. 1	1,00	8,1	+ 0,8	36,5
8	726,79	— 0,16	+ 8,06	+6,60	+ 1,1	+15,2	7,32	+3,02	916	+ 58	710	1000	...	..	variable	0,44	..	....	37,0
9	730,79	+ 3,81	+ 2,96	+1,61	+ 2,0	+ 4,5	5,69	+1,4	1000	+141	1000	1000	...	..	variable	1,00	8,6	+ 1,5	38,0
10	731,08	+ 4,08	+ 1,84	+0,60	+ 0,1	+ 3,1	5,30	+1,06	1000	+141	1000	1000	..	.	variable	1,00	8,3	+ 1,3	37,5
11	733,18	+ 6,45	+ 2,05	+0,91	+ 1,6	+ 2,7	5,30	+1,09	1000	+140	1000	1000	...	..	SSO. 1	1,00	8,3	+ 1,4	38,5
12	734,14	+ 7,09	+ 0,79	— 0,25	0,0	+ 1,9	4,87	+0,68	1000	+140	1000	1000	...	..	variable	1,00	8,2	+ 1,4	37,0
13	727,81	+ 0,73	+ 0,40	—0,54	— 0,7	+ 1,1	4,68	+0,51	997	+136	950	1000	...		SO. 1	1,00	7,9	+ 1,2	37,5
14	731,87	+ 4,76	+ 2,13	+1,28	+ 0,9	+ 3,6	5,25	+1,10	987	+126	930	1000	...	..	variable	1,00	7,9	+ 1,3	37,5
15	735,41	+ 8,28	+ 1,95	+1,19	— 0,9	+ 6,7	5,03	+0,90	941	+ 79	710	1000	...	..	SSO. 1	0,78	...	.....	36,7
16	731,45	+ 4,29	+ 1,92	+1,25	+ 0,9	+ 8,3	4,68	+0,57	728	—134	470	980	...	..	N. 1	0,28	7,9	+ 1,4	36,8
17	731,47	+ 4,29	+ 1,44	+0,85	— 2,2	+ 6,9	4,15	+0,06	813	— 50	660	950	...	..	SSO. 1	0,04	7,8	+ 1,4	36,0
18	724,55	— 2,66	+ 2,31	+1,80	— 1 9	+ 6,5	4,73	+0,66	862	— 1	720	950	1,9	2	SSO. 1	0,74	7,7	+ 1,4	34,7
19	720,65	— 6,59	+ 2,70	+2,27	+ 0.8	+ 5,3	4,57	+0,51	828	— 36	720	1000	...	..	NNE. 3	0,68	7,7	+ 1,5	34,8
20	726,96	— 0,30	+ 1,15	+0,80	— 0,1	+ 2,5	3,91	— 0,14	795	— 69	710	970	...	..	NNE. 3	0,98	6,9	+ 0,8	35,0
21	729,86	+ 2,58	— 1,67	— 1,95	— 2,5	+ 0,1	3,36	—0,68	842	— 23	780	910	..	..	NNE. 2	0,96	6,8	+ 0,8	34,0
22	729,33	+ 2,03	— 2,59	—2,80	— 3 1	— 1,7	3,37	— 0,66	908	+ 13	850	960	...	..	NNE. 1	0,99	...	....	33,0
23	729,32	+ 2,00	— 3,07	—3,21	— 4,0	— 2,0	3,04	—0,98	846	— 20	790	910	...	..	NNE. 2	0,74	6,7	+ 0,8	32,5
24	730,32	+ 2,98	— 2,67	—2,75	— 6,0	— 0,4	3,13	—0,88	866	0	710	980	...	..	N 2	0,42	6,7	+ 0,9	32,0
25	731,37	+ 4,01	— 4,25	—4,27	— 7,2	+ 0,2	2,97	— 1,03	893	+ 27	780	970	...	..	SSO. 1	0,37	...	....	31,5
26	730,78	+ 3,40	— 3,45	—3,42	— 8,0	— 1,8	3,38	—0,62	936	+ 69	890	960	...	..	variable	1,00	6,4	+ 0,8	31,0
27	734,13	+ 6,73	— 2,89	—2,81	— 4.0	— 0,5	3 01	—0,98	819	— 48	700	890	..	.	NNE. 2	0,52	5,9	+ 0,3	31,0
28	736,08	+ 8,66	— 3,00	—2,87	— 4,2	— 1,0	3,08	—0,91	850	— 17	760	920	..	..	NNE. 1	0,57	5,8	+ 0,3	29,5
29	734,70	+ 7,26	— 3,07	—2,90	— 4,6	— 2,0	3,45	—0,54	953	+ 85	920	980	...	..	NE. 1	1,00	...	.....	29,0
30	733,12	+ 5,67	— 3,37	— 3,16	— 5,4	— 2,0	3,28	—0,70	933	+ 65	870	1000	...	..	variable	0,88	6,3	+ 0,9	29,0
31	734,63	+ 7.17	— 3,50	—3,25	— 5,5	— 1,9	3,27	—0,71	931	+ 63	880	990	...	..	variable	1,00	5,9	+ 0,6	29,2

MOYENNES DU MOIS DE DÉCEMBRE 1861.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade,	729,28	729,59	729,69	728,98	728,47	728,50	728,56	728,79	728,91
2e »	729,89	730,06	730,31	729,73	729,31	729,46	729,69	729,90	729,97
3e »	732,00	732,26	732,60	732,20	731,81	731,90	732,29	732,58	732,80
Mois	730,44	730,69	730,92	730,36	729,93	730,01	730,25	730,49	730,63
Température.									
	o	o	o	o	o	o	o	o	o
1re décade	+ 1,19	+ 1,38	+ 3,00	+ 4,37	+ 4,93	+ 4,84	+ 3,55	+ 2,86	+ 2,62
2e »	+ 0,62	+ 0,52	+ 1,90	+ 3,38	+ 4,07	+ 3,31	+ 2,38	+ 2,05	+ 1,52
3e »	— 3,60	— 3,67	— 3,02	— 2,35	— 1,81	— 2,07	— 2,84	— 3,29	— 3,65
Mois	— 0,69	— 0,69	+ 0,51	+ 1,67	+ 2,26	+ 1,90	+ 0,90	+ 0,42	+ 0,04
Tension de la vapeur.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade,	4,72	4,78	4,96	5,19	5,37	5,37	5,23	5,28	5,15
2e »	4,58	4,56	4,76	4,67	4,87	4,81	4,79	4,82	4,80
3e »	3,27	3,11	3,17	3,26	3,38	3,24	3,29	3,20	3,21
Mois	4,16	4,12	4,26	4,34	4,50	4,44	4,40	4,39	4,35
Fraction de saturation en millièmes.									
1re décade,	934	931	854	816	810	818	867	922	921
2e »	950	953	907	809	807	836	883	908	938
3e »	932	907	866	844	845	825	886	892	922
Mois	939	930	876	824	821	826	879	907	927

	Therm. min.	Therm. max.	Clarté moyenne du Ciel.	Température du Rhône.	Eau de pluie ou de neige.	Limnimètre.
	o	o		o	mm	p.
1re décade,	+ 0,20	+ 6,34	0,79	8,29	24,0	37,6
2e »	— 0,16	+ 4,55	0,75	7,81	1,9	36,4
3e »	— 4,95	— 1,18	0,77	6,31	0,0	31,1
Mois	— 1,74	+ 3,09	0,77	7,48	25,9	34,9

Dans ce mois, l'air a été calme 1 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 1,98 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 19°,5 E. et son intensité est égale à 33 sur 100.

TABLEAU

DES

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU SAINT-BERNARD

PENDANT LE MOIS DE DÉCEMBRE 1861

Hauteur de la neige tombée pendant le mois de Décembre : 325mm.
répartie comme suit :

Le 7	280mm
19	45

SAINT-BERNARD. — Décembre 1861.

Jours du mois	Baromètre réduit à 0°.				Température extérieure en degrés centigrades.						Hygromètre.				Eau dans les 24 h.	Vent dominant	État moyen du Ciel.
	8 heures du mat.	Midi.	4 heures du soir.	8 heures du soir.	8 heures du soir.	Midi.	4 heures du soir.	8 heures du soir.	Minim.	Maxim.	8 h. mat.	Midi.	4 h. soir.	8 h. soir.			
	mm	mm	mm	mm											mm		
1	567,17	567,08	566,98	567,40	— 3,0	— 1,8	— 3,1	— 4,0	— 6,0	....	....	....	....	....	...	NE. 1	0,43
2	567,30	567,63	567,31	567,55	— 7,2	— 1,7	— 4,4	— 6,2	— 8,1	....	....	....	....	....	...	NE. 1	0,01
3	566,40	566,21	565,40	565,27	— 6,2	— 5,4	— 6,0	— 7,0	—10,2	....	....	....	....	....	...	NE. 1	0,00
4	563,88	563,33	562,98	562,65	— 7,0	— 7,0	— 6,5	— 5,5	— 8,0	....	....	....	....	....	...	NE. 1	0,00
5	560,74	559,02	557,44	556,13	— 5,8	— 3,3	— 5,3	— 8,0	— 9,2	....	....	....	....	....	...	NE. 1	0,50
6	556,54	556,67	556,57	556,55	—11,6	—11,3	—12,0	—11,1	—13,7	....	....	....	....	....	...	NE. 1	0,64
7	556,29	557,64	557,90	558,84	— 3,2	— 2,0	— 3,8	— 4,0	— 5,4	....	....	....	....	....	22,3	NE. 1	1,00
8	563,02	564,16	564,82	565,95	— 3,0	— 1,1	— 3,6	— 4,0	— 4,0	....	....	....	....	....	...	NE. 1	0,03
9	568,40	569,03	568,91	569,22	— 2,5	— 0,5	— 2,3	— 2,0	— 3,0	....	....	....	....	....	...	SO. 1	0,22
10	568,45	568,12	567,84	567,92	— 2,9	— 1,0	— 3,0	— 3,0	— 3,8	....	....	....	....	....	...	SO. 1	0,37
11	567,68	568,21	568,44	568,93	— 2,3	— 0,7	— 2,4	— 3,6	— 4,1	....	....	....	....	....	...	NE. 1	0,02
12	568,72	568,64	568,05	568,01	— 3,7	— 2,0	— 2,0	— 4,0	— 4,8	....	....	....	....	....	...	NE. 1	0,02
13	565,33	564,92	564,54	564,97	— 5,0	— 3,7	— 5,9	— 6,0	— 6,6	....	....	....	....	....	...	SO. 1	0,18
14	566,13	567,08	567,71	568,74	— 5,0	— 2,7	— 3,0	— 4,4	— 6,2	....	....	....	....	....	...	variable	0,24
15	569,72	569,31	568,57	567,41	— 5,5	— 4,1	— 5,3	— 5,5	— 6,4	....	....	....	....	....	...	NE. 1	0,36
16	564,23	563,83	563,33	563,44	— 7,5	— 8,4	—10,0	—11,0	—11,3	....	....	....	....	....	...	NE. 1	0,80
17	564,93	565,32	565,24	565,50	— 5,5	— 3,0	— 1,9	+ 0,3	—11,4	....	....	....	....	....	...	NE. 1	0,20
18	562,01	559,56	556,87	555,85	— 1,2	— 2,0	— 8,3	—10,4	—10,4	....	....	....	....	....	.	NE. 1	0,62
19	553,79	554,57	555,47	555,52	—11,0	—11,0	—10,6	—12,8	—13,0	....	....	....	....	....	6,3	NE. 1	0,47
20	558,37	559,65	560,05	560,24	—13,4	—11,3	—11,4	—12,4	—15,6	....	....	....	....	....	...	NE. 1	0,00
21	562,83	563,71	563,79	563,95	—12,1	— 9,4	—10,0	— 9,8	—16,9	....	....	....	....	....	...	variable	0,01
22	563,49	563,33	562,78	562,45	—10,2	— 7,5	— 7,4	— 9,1	—12,0	....	....	....	....	....	...	SO. 1	0,00
23	562,17	562,45	562,73	562,24	— 6,5	— 3,1	— 3,1	— 4,7	— 9,2	....	....	....	....	....	...	NE. 1	0,00
24	563,12	563,22	563,64	563,43	— 5,2	— 2,8	— 2,8	— 4,5	— 8,2	....	....	....	....	....	...	SO. 1	0,00
25	563,56	563,15	563,26	562,85	— 4,5	— 4,1	— 4,5	— 6,1	— 7,4	....	....	....	....	....	...	SO. 1	0,00
26	561,75	561,34	562,09	562,78	— 7,4	— 5,4	— 7,2	— 8,8	—13,2	....	....	....	....	....	...	NE. 1	0,10
27	564,50	565,61	566,18	566,75	— 6,1	— 5,8	— 5,4	— 9,9	—11,9	....	....	....	....	....	...	NE. 1	0,01
28	568,38	569,22	569,35	568,47	— 9,4	— 3,3	— 2,4	— 2,3	—12,4	....	....	....	....	....	...	NE. 1	0,02
29	568,21	567,92	567,29	566,63	— 4,5	— 2,2	— 3,3	— 3,5	— 7,1	....	....	....	....	....	...	NE. 1	0,00
30	565,61	566,12	565,83	566,13	— 4,7	— 3,3	— 4,3	— 6,9	— 6,9	....	....	....	....	....	...	NE. 1	0,00
31	566,31	566,53	566,43	566,35	— 9,4	— 5,9	— 6,4	— 7,9	— 9,4	....	....	....	....	....	...	calme.	0,00

MOYENNES DU MOIS DE DÉCEMBRE 1861.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s	8 h. s.	10 h. s
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade.	563,47	563,82	564,11	563,81	563,62	563,61	563,71	563,75	563,82
2e »	563,85	564,09	564,34	564,11	563,78	563,83	563,75	563,86	563,94
3e »	563,98	564,54	564,93	564,78	564,72	564,85	564,61	564,73	564,86
Mois	563,77	564,16	564,47	564,28	564,06	564,12	564,04	564,13	564,23
Température.									
1re décade,	−5°,14	−5°,24	−4°,61	−3°,81	−3°,64	−4°,94	−5°,44	−5°,48	−5°,78
2e »	−6,10	−6,01	−5,78	−4,89	−4,52	−6,08	−7,25	−6,98	−7,23
3e »	−7,77	−7,27	−6,63	−4,80	−4,39	−5,16	−6,38	−6,71	−6,68
Mois	−6,38	−6,21	−5,70	−4,51	−4,19	−5,39	−6,36	−6,40	−6,57
Hygromètre.									
1re décade,									
2e »									
3e »									
Mois									

	Therm. min.	Therm. max.	Clarté moy. du Ciel.	Eau de pluie ou de neige.
				mm
1re décade,	− 7°,14	—	0,32	22,3
2e »	− 8,98	—	0,32	6,3
3e »	−10,42	—	0,13	0,0
Mois	− 8,9	—	0,21	28,6

Dans ce mois, l'air a été calme 23 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 3,89 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 45°E., et son intensité est égale à 48 sur 100.

DE

L'INFLUENCE DE L'AIMANT

SUR LA

DÉCHARGE ÉLECTRIQUE

PAR

M. PLUCKER[1].

L'action qu'exerce un aimant sur la décharge électrique dans un gaz raréfié se manifeste par des phénomènes très-variés, selon les différentes circonstances dans lesquelles s'effectue cette décharge, dont le conducteur ou plutôt le *translateur*, est, soit le gaz raréfié, qui devient lumineux, soit la matière détachée des électrodes. Voici trois cas principaux et distincts, énumérés dans l'ordre selon lequel je les ai observés et décrits dans mes précédents mémoires.

Le *premier* cas est celui où l'aimant agit sur le courant lumineux à distance des électrodes. Si le gaz raréfié est renfermé dans un tube cylindrique, par exemple, on peut considérer toute la bande lumineuse comme un faisceau formé d'une quantité innombrable de courants lumineux élémentaires parallèles, qui n'exercent pas d'action appréciable les uns sur les autres. Selon le degré de raré-

[1] *Poggendorff's Annalen*, CXIII, 249.

faction, les courants élémentaires occupent tout l'espace du tube, ou bien se contractent en un filet mince. Dans ce dernier cas, le filet lumineux se comporte, sous l'influence de l'aimant, exactement comme un fil de cuivre mobile qui sert de conducteur à un courant. M. de la Rive a décrit le premier ces phénomènes. Tous les autres sont ceux qui se présentent dans un gaz très-raréfié. Ici le faisceau lumineux occupe, avant l'action magnétique, tout l'espace intérieur du tube qui contient le gaz raréfié, et s'élargit et se rétrécit selon les dimensions du tube. Les phénomènes qui se manifestent dans cette disposition, sous l'influence de l'aimant, dans l'hypothèse susmentionnée de courants élémentaires mobiles se propageant les uns à côté des autres, peuvent être prévus en grande partie, mais cependant pas tous, d'après les lois électromagnétiques connues. Dans le nombre des phénomènes incomplétement expliqués, je range celui que présente le courant qui se termine par une pointe vers laquelle se dirige une lueur qui part, sous forme de flamme, du côté opposé; ce phénomène consiste dans l'extinction de la lueur du courant par l'aimant et, avant tout, dans les éclairs brillants et colorés provoqués par l'aimant dans certains gaz ou vapeurs raréfiés (chlore, brome, iode, chlorure stannique, acide sulfureux). Nous ne pouvons pas nous étonner de ne pas trouver une explication satisfaisante de ces phénomènes, puisque nous ne connaissons nullement la constitution des corps ni celle du courant électrique qui en dépend. De nouvelles hypothèses qui, dans l'état actuel de nos connaissances, ne peuvent présenter que le caractère de symboles, seront incapables de nous fournir une explication, aussi longtemps que nous n'aurons pas des données plus précises sur la nature du

courant et sur celle des corps qui lui servent de conducteurs. Rien ne paraît plus propre à atteindre ce but final que de joindre de nouveaux phénomènes bien caractérisés à ceux que nous possédons déjà et de les discuter ensemble. Le courant disparaît, à la limite extrême de la raréfaction, avec la présence d'une quantité suffisante de matière pondérable ; la lueur qu'il produit s'éteint même avant que le courant cesse de circuler. D'autre part, lorsque la densité du milieu gazeux est plus grande et que l'intensité est plus considérable, la décharge s'effectue par des éclairs dont ce milieu est le principal translateur. L'aimant n'exerce pas d'action appréciable sur ces éclairs, qui sont semblables à ceux que produit la machine électrique.

Le *second* des cas, énumérés plus haut, est celui où l'aimant exerce son action dans des milieux raréfiés sur la lueur particulière qui jaillit de l'électrode négatif. Cette lumière se contracte en un plan qui est le lieu géométrique de toutes les courbes magnétiques qui passent par les différents points non isolés de la portion de l'électrode qui pénètre dans le gaz raréfié, et qui, d'un autre côté, sont limitées par la paroi de verre qui sert d'enveloppe. Ces beaux phénomènes, qui sont si variés, sont ainsi parfaitement caractérisés. Les lois électro-magnétiques connues conduisent à cette proposition théorique, qu'un courant électrique linéaire, dont un point est fixe et dont la direction n'est pas déterminée, ne peut être en équilibre sous l'influence de l'aimant que lorsqu'il prend la forme de la courbe magnétique qui passe par ce point et qui par cela même est complétement déterminée ; et de plus, que cette courbe reste la même lorsque la direction du courant change. A ce principe se

rattachent des indications certaines sur les conditions physiques qui président à l'apparition de la lumière au pôle négatif. Sommes-nous autorisés à admettre que, dans ce cas, le translateur du courant électrique soit la matière pondérable qui, sous l'influence de l'aimant, est portée suivant les courbes magnétiques vers l'enveloppe de verre, ou qui peut-être a un mouvement de va et vient, par suite de l'intermittence du courant d'induction, jusqu'à ce que finalement elle soit pressée contre le verre? Cette nouvelle hypothèse me paraît assez fondée, surtout parce que, par le fait du dépôt de la matière provenant de l'électrode négatif, la surface intérieure du verre *se noircit uniformément* quand l'aimant n'agit pas, tandis que lorsque cette action s'exerce, elle *ne noircit que là où elle est rencontrée par les courbes magnétiques dont est composé le plan lumineux.*

Les phénomènes variés du *troisième* cas concernent le courant électrique qui, dans des milieux raréfiés, part de l'électrode positif et qui, l'électrode négatif étant suffisamment rapproché, décrit sa route sous l'influence simultanée de l'électrode négatif et de l'aimant. Si nous considérons l'action de l'électrode comme une attraction et celle de l'aimant comme étant conforme aux lois électro-magnétiques connues, nous pouvons déterminer[1] à l'avance tous ces phénomènes dans toutes les conditions. (Ces phénomènes se présentent simultanément avec ceux du second cas.) Le gaz raréfié est ici le translateur, du moins principal, de la décharge.

Dans ce nouveau mémoire, je me propose d'analyser en détail un *quatrième* cas, savoir celui dans lequel la

[1] Un précédent mémoire a eu cette question pour objet, *Pogg. Ann.*, CVII, 88 à 115.

décharge électrique obéit à l'action de l'aimant, et cela dans des conditions totalement différentes de celles mentionnées précédemment. En effet, tandis que l'étincelle ordinaire de la décharge dans des gaz de densité ordinaire, décrit une ligne droite ou une ligne brisée et n'éprouve aucune déviation sous l'influence de l'aimant, cette étincelle, dans certaines conditions, est accompagnée d'une seconde décharge, d'une lumière différente et d'un aspect plus nébuleux, qui l'enveloppe pour ainsi dire. Cette décharge secondaire, comme nous l'appellerons ici pour la distinguer, apparaît avec une intensité particulière lorsqu'on emploie le grand appareil de Ruhmkorff et que l'on tire les étincelles d'induction directes à une distance de un à deux centimètres seulement, tandis qu'on pourrait en obtenir, avec le même appareil, à une distance de 30 et même 36 centimètres. M. Ruhmkorff a observé, lors de l'essai de ses appareils, que la lumière de cette décharge secondaire obéissait à l'action des courants d'air et à celle de l'aimant. M. Dumoncel s'est déjà occupé de ces phénomènes[1]. Je vais chercher dans ce qui suit à les mieux caractériser et à en déterminer les lois.

Les plus beaux phénomènes se présentent lorsque les deux extrémités du fil de la grande bobine d'induction sont placées dans la direction équatoriale entre les deux demi-ancres de l'électro-aimant rapprochées l'une de l'autre. Au lieu de ces électrodes prenons, avec M. Ruhmkorff, les deux pointes de laiton d'un excitateur général dont les deux conducteurs isolés sont mis en communi-

[1] Recherches sur la non-homogénéité de l'étincelle électrique. Paris, 1860. — Voyez aussi sur ce sujet les recherches très-complètes de M. A. Perrot (*Ann. de ch. et de ph.*, t. LXI, p. 200). (*Réd.*)

cation avec les deux électrodes. Considérons de plus, en premier lieu, le cas normal, celui où deux demi-ancres semblables, tournées de manière à se présenter deux surfaces larges ou deux boutons ronds, sont posées symétriquement sur les deux surfaces polaires du gros électro-aimant et où les deux pointes de l'excitateur se trouvent dans le plan équatorial placées sur la ligne droite qui passe par le milieu du champ magnétique et sont de chaque côté à la même distance de ce milieu. Avant d'aimanter l'électro-aimant, remarquons la petite étincelle qui part en ligne droite accompagnée d'une enveloppe lumineuse d'une couleur différente ; en soufflant fortement sur cette enveloppe, on la voit prendre la forme d'une flamme, dont la base est formée par la ligne qui sépare les deux pointes de laiton et dont l'extrémité est à plusieurs centimètres de distance, dans la direction dans laquelle on souffle. Quand on développe le magnétisme, il se forme dans le plan équatorial une belle surface lumineuse, sans épaisseur appréciable, qui est limitée d'un côté par l'étincelle qui passe sans altération, semblable à un éclair, et de l'autre côté par un arc nettement dessiné, qui a presque la forme d'un demi-cercle et qui repose sur l'excitateur en deux points, situés à peu près à deux centimètres en arrière de ses extrémités. Si les interruptions de l'appareil d'induction se font d'une manière régulière, la surface lumineuse conserve une position stable ; mais on aperçoit qu'elle n'est pas homogène : elle est constamment traversée par des lignes lumineuses plus claires, qui sont presque parallèles aux courbes qui forment la limite extérieure. L'une de ces lignes plus claires repose d'ordinaire sur les deux extrémités mêmes de l'excitateur. Tandis que la lumière située entre cette ligne

et le petit éclair éblouissant paraît plus obscure à l'œil, la surface lumineuse apparaît plutôt comme une large bande comprise entre deux demi-cercles concentriques.

La surface lumineuse est évidemment formée uniquement de lignes lumineuses qui représentent le chemin parcouru par chaque décharge isolée entre les deux électrodes. Quand on emploie les pointes de laiton, la couleur de la surface demi-circulaire est violette ; elle est traversée par des arcs d'un violet clair, quelquefois d'un jaune d'or. Les mêmes couleurs se retrouvent dans l'enveloppe lumineuse primitive, qui entoure la décharge directe.

Si on opère les interruptions du courant avec la main, au lieu d'employer le mécanisme qui donne des interruptions plus régulières, alors la couleur jaune domine, les dimensions de la surface de la lumière électrique augmentent, mais les bords en sont, quoique également nets, moins stables et moins réguliers.

Dans ce cas-ci, ainsi que dans tous les cas suivants, la surface lumineuse produite par l'aimant passe de l'un des côtés de la ligne droite, qui réunit les deux extrémités de l'excitateur, à l'autre côté, lorsqu'on renverse soit la direction du courant, soit la polarité magnétique. Si nous nous plaçons devant l'électro-aimant de manière que le pôle nord soit à notre droite et que le courant se dirige vers nous, la surface lumineuse est tournée vers le haut.

L'enveloppe lumineuse se montre encore, particulièrement sous l'influence d'interruptions isolées, lorsque la longueur de la décharge est de 10 ou d'un plus grand nombre de centimètres, mais dans ce cas elle est plus prononcée du côté de l'électrode positif que du côté de l'électrode négatif. L'aimant la développe en une bande qui s'appuie, dans le plan équatorial, contre l'un ou l'autre côté de l'étincelle de la décharge directe.

Lorsque les deux bras de l'excitateur sont complétement isolés, à l'exception des deux pointes extrêmes qui sont l'une vis-à-vis de l'autre, la surface lumineuse engendrée par l'aimant ne repose que sur ces pointes mêmes. Si, en outre, les deux demi-ancres se présentent l'une à l'autre par de grandes surfaces polaires, les courbes, qui forment la limite de la surface lumineuse située entre deux, et celles qui traversent cette surface, ont, autant que l'œil en peut juger, exactement la forme d'arcs de cercles, tous perpendiculaires à la ligne droite qui sépare les deux pointes de l'excitateur. La même chose a lieu quand les deux demi-ancres se présentent l'une à l'autre avec des pointes conoïdes, et quand la distribution magnétique dans le plan équatorial est symétrique autour du lieu du champ magnétique, à partir du point où la ligne qui sépare les deux extrémités conoïdes rencontre le plan équatorial, dans la supposition toutefois que les extrémités des bras de l'excitateur se trouvent à une distance égale de ce milieu.

La portion plus éclairée de la surface lumineuse forme dans ce cas un ménisque, tandis que dans celui où l'excitateur n'est pas isolé, elle forme un ruban bordé d'arcs de cercles concentriques.

Le plan équatorial coupe à angle droit toutes les courbes magnétiques et forme ainsi une surface de niveau. La direction selon laquelle la force électro-magnétique exerce son action sur un élément du courant situé dans ce plan, se trouve dans ce même plan et est perpendiculaire à l'élément. Si le plan équatorial est un champ magnétique uniforme (ce qui a lieu à peu près dans le milieu entre de grandes surfaces polaires), et si, en outre, le conducteur du courant est un fil parfaitement flexible et d'une

longueur donnée, dont les extrémités soient fixées dans le plan équatorial, ce fil prendra sous l'influence de l'aimant la forme d'un arc de cercle complétement déterminé par ses deux points d'attache et sa longueur. En effet, l'on sait que le cercle est la seule position d'équilibre du fil, lorsque des forces normales égales agissent du côté concave sur tous les éléments égaux de ce fil.

Si nous nous représentons une série de fils infiniment minces et d'une longueur progressivement croissante, tous fixés aux extrémités des bras de l'excitateur et devenant incandescents sous l'influence du passage du courant, nous obtiendrons une image fidèle du phénomène décrit plus haut.

Représentons-nous, en outre, un semblable fil, servant de conducteur au courant, en forme d'arc de cercle, sur la partie concave duquel agit une force que nous pouvons, d'après ce qui précède, supposer partir du centre du cercle et exercer une répulsion uniforme, cette force tendra à allonger le fil, et si rien ne s'oppose à son allongement, elle le transformera en un arc concentrique de plus grande dimension. Dans le cas où les bras de l'excitateur ne sont pas isolés et où, par conséquent, les extrémités du fil peuvent se mouvoir librement le long de l'excitateur, et si, en outre, les fils peuvent s'allonger, les arcs concentriques *intérieurs*, qui se montrent dans le phénomène décrit plus haut, prennent sous l'influence de l'aimant la place des arcs *extérieurs*. Mais si les bras de l'excitateur sont isolés jusqu'à leur extrémité, les fils qui conduisent le courant doivent, même après l'allongement, passer toujours par ces deux points fixes.

Ces considérations théoriques m'ont engagé à répéter les expériences de M. Leroux, dont l'effet est magnifique.

Lorsqu'on réunit les extrémités des deux fils conducteurs qui partent des pôles d'une pile de Grove de quatre éléments, au moyen d'un fil de platine mince et de quelques centimètres de longueur, celui-ci devient incandescent par le passage du courant, et, si avant de fermer le circuit on place les extrémités des gros fils conducteurs entre les grandes surfaces polaires de l'électro-aimant à la place des bras de l'excitateur, le fil mince, d'abord détendu, deviendra incandescent et souple au moment où il sera traversé par le courant et se placera dans le plan équatorial en y prenant la forme d'un arc de cercle dont la ligne qui sépare les extrémités des gros fils conducteurs représente la corde. En renversant la direction du courant ou le sens de la polarité magnétique, on voit le fil incandescent se rejeter de l'autre côté de la corde. Si l'on rapproche les bouts des deux conducteurs, le fil de platine conservant la même longueur, le segment formé par l'arc incandescent présente un angle de plus en plus petit.

La force électromagnétique qui s'exerce sur le côté concave des fils traversés par le courant, ressort encore mieux de l'expérience suivante.

Lorsque entre de grandes surfaces polaires on dispose, dans le plan équatorial, au lieu des deux pointes, deux lames minces en cuivre, parallèles à une distance de 10 à 12 millimètres l'une de l'autre, et qui communiquent avec la bobine d'induction du grand appareil de Ruhmkorff, le point de sortie de la décharge électrique à travers l'air, et le point d'arrivée peuvent se mouvoir librement sur les deux bandes de cuivre parallèles. On peut également, par les moyens que nous avons indiqués plus haut, parvenir à faire sauter l'étincelle de la décharge

(semblable à un éclair) avec son enveloppe lumineuse, à un point quelconque des deux bandes de cuivre, soit, si on les suppose dans une position verticale, aux extrémités supérieures, soit aux extrémités inférieures, soit au milieu. Quand on charge l'électro-aimant, l'éclair de la décharge n'est pas dévié de sa place primitive, mais son enveloppe s'étend vers le haut ou vers le bas de 4 à 5 centimètres, de manière à former, entre les bandes de cuivre parallèles, une surface lumineuse qui est limitée d'un côté par l'étincelle de la décharge et de l'autre par un arc circulaire bien tranché et qui présente à l'étincelle son côté concave. Dans la partie de la surface lumineuse qui s'appuie contre la bande de cuivre, fonctionnant comme anode, apparaissent, à de petites distances, de petits points lumineux rayonnants, qui correspondent aux lignes lumineuses qui traversent la surface. En renversant la direction du courant ou de la polarité magnétique, on voit la surface lumineuse se jeter du côté opposé de l'étincelle de décharge qui a la forme d'un éclair. Si l'on renverse l'un et l'autre en même temps, le phénomène primitif reparaît, avec la différence que les points lumineux rayonnants passent de l'une des bandes à l'autre.

Quand les deux armatures en forme de demi-ancres ne sont pas symétriques, en particulier, quand une grande surface polaire de l'une est en face d'une pointe conoïde de l'autre, la surface lumineuse entre les deux pôles n'affecte la forme primitive d'un disque uni que dans le voisinage de la grande surface polaire. Si on approche les extrémités des bras de l'excitateur dans une position symétrique, de la pointe conoïde, la surface lumineuse se courbe, tout en s'appuyant sur l'étincelle de décharge, de façon à présenter à la pointe son côté concave. Elle

présente à peu près la forme d'une surface de niveau, qui serait rencontrée à angle droit par les courbes magnétiques qui divergent de la pointe.

L'opinion confirmée par les expériences précédentes, qui consiste à admettre que les surfaces lumineuses magnétiques en question sont formées de lignes lumineuses distinctes, reposant par leurs extrémités sur les bras de l'excitateur et dont la forme est celle que prendrait, sous l'influence de l'aimant, un fil flexible traversé par un courant électrique, se trouve justifiée dans tous les cas, quelle que soit la position de l'excitateur à l'égard de l'aimant. Supposons dorénavant, pour abréger, que deux demi-ancres semblables, de forme parallélipipédique et se présentant mutuellement de grandes surfaces carrées, reposent symétriquement sur les deux bras du grand électro-aimant placé dans la position verticale. Si, comme point de départ, on prend le cas où les deux bras de l'excitateur se trouvent dans le plan équatorial et où le milieu de la distance qui les sépare coïncide avec le milieu de l'espace situé entre les demi-ancres, et que dans cette disposition on tourne les bras de l'excitateur dans le plan équatorial autour de ce point central, la surface lumineuse repoussée suit le même mouvement de rotation dans ce plan, ce à quoi on pouvait s'attendre *a priori*. Si les bras se trouvent dans une position horizontale et si on les élève perpendiculairement, jusqu'à ce qu'ils émergent d'entre les surfaces polaires, les surfaces magnétiques lumineuses seront continuellement repoussées vers le haut ou attirées entre les ancres, dans le plan équatorial, selon la direction du courant et selon le sens de la polarité magnétique. La nuance tranchée qui, dans le dernier cas, accompagne toujours le phénomène, est

beaucoup plus prononcée que dans le premier cas. Si on les élève encore davantage dans le plan équatorial, on observe, avec une diminution des dimensions de la surface lumineuse, également une diminution de l'action magnétique, qui ne devient insensible qu'à un très-grand éloignement.

Revenons maintenant à la position horizontale primitive des bras de l'excitateur et poussons-les horizontalement, après les avoir élevés verticalement au-dessus des surfaces polaires, près de la surface supérieure d'une des deux armatures, dépassons cette armature et redescendons près de la face tournée vers le plan équatorial, la surface lumineuse reste une surface unie et conserve en général sa forme. Mais, tandis qu'auparavant elle était verticale avec une direction vers le haut ou vers le bas, elle se tourne maintenant continuellement, devient horizontale un peu au-dessus du milieu de l'armature, et ensuite, en tournant toujours dans le même sens, elle redevient verticale sur la surface opposée de l'armature, mais dans une direction inverse vers le bas ou vers le haut.

Déchargeons le grand appareil de Ruhmkorff entre les deux bandes de cuivre étroites, au lieu des deux pointes de l'excitateur, en les plaçant au-dessus du milieu des deux armatures, dans la direction de l'axe, l'aimant n'exerce alors aucune action directe, quel que soit, dans la direction équatoriale, le point de la bande duquel part l'étincelle-éclair. On peut fixer ce point au moyen de deux petites proéminences placées, sur les deux bandes de cuivre, l'une vis-à-vis de l'autre. Le disque lumineux s'appuie toujours contre ces proéminences. Si nous imprimons à ces deux bandes un mouvement continu dans le sens de leur longueur, l'étincelle suit ce mouvement, pendant

que le disque lumineux continue à tourner. Ce n'est que dans le plan équatorial que le disque lumineux est vertical, perpendiculaire aux bandes et dirigé, soit vers le haut, soit vers le bas. Si l'étincelle avance à partir de cette position au-dessus de l'une des armatures, le disque lumineux passe par la position horizontale, où il est limité latéralement par les deux bandes et quitte de nouveau ces bandes par en bas ou par en haut. Si l'étincelle avance à partir du plan équatorial, au-dessus de la surface de l'armature, le même phénomène se présente, seulement le disque lumineux tourne alors dans le sens opposé.

Lorsque les deux bandes de cuivre sont parfaitement parallèles et ne présentent point de proéminences, la place d'où saute l'étincelle n'est pas fixe, mais celle-ci paraît avoir une prédisposition à continuer à passer là où elle a déjà passé une fois. Il suffit de souffler avec la bouche pour changer la place d'où elle part, et, à chaque changement de place, correspond une autre direction[1] du disque lumineux sous l'influence de l'aimant.

[1] Le déplacement de l'éclair entre les deux électrodes parallèles n'est pas évidemment un effet direct du souffle. Le souffle n'entraîne que la matière pondérable de la surface lumineuse, et c'est elle qui détermine le chemin que suit l'éclair. L'expérience suivante confirme cette manière de voir.

J'ai déchargé le grand appareil d'induction très-près et au-dessus d'une des surfaces polaires de l'électro-aimant en activité, de manière à obtenir une surface lumineuse horizontale à bords réguliers qui, par l'emploi d'un petit appareil à soufflerie centrifuge, pouvait être élargie et déchirée. De temps à autre on apercevait dans l'intérieur du disque des éclairs, qui souvent constituaient toute la lumière de la décharge, et d'autres fois apparaissaient comme des ramifications de l'éclair. Dans un essai, un éclair plus long a suivi exactement le bord dentelé extérieur

Il nous reste encore à discuter les cas où l'étincelle d'induction ne chemine pas dans la direction équatoriale, mais dans telle autre direction que ce soit. Je serai plus bref sur ce point, pouvant constamment m'en référer aux trois belles expériences de M. Leroux. Dans tous les cas les courbes sont celles qui limitent et traversent les surfaces magnétiques, en un mot les « courbes Leroux, » c'est-à-dire des courbes dont la forme est celle qu'affecte un fil mince de platine et d'une longueur convenable, dont les deux bouts touchent les deux bras de l'excitateur aux points correspondants, et qui devient incandescent quand il est traversé par le courant, l'excitateur étant mis en communication avec les pôles d'une pile galvanique.

Quand on porte les deux pointes de l'excitateur au-dessus des deux armures de l'électro-aimant dans la direction de l'axe à égale distance du plan équatorial, l'étincelle-éclair du grand appareil d'induction saute, comme toujours, en ligne droite, la surface lumineuse magnétique est alors limitée par une courbe en forme d'S, qui se trouve dans le plan horizontal et qui coupe la ligne droite par le milieu. Les courbes qui traversent la surface sont les unes à la suite des autres intermédiaires entre la courbe qui forme la limite et la ligne droite. Lorsqu'on change la direction du courant ou le sens de la polarité magnétique, chacune des moitiés de la surface lumineuse, qui se trouvent de chaque côté de l'éclair, passe au côté opposé.

Nous avons supposé dans ce qui précède que les bras de l'excitateur sont isolés à l'exception de l'extrémité des pointes ; si cela n'a pas lieu, les courbes passent toutes,

de la surface lumineuse. Plus tard j'ai obtenu le même phénomène rien qu'en soufflant et sans le concours d'une action magnétique.

comme avant, par le milieu de l'éclair, mais les points des bras de l'excitateur sur lesquels elles reposent, s'étendent, à partir des extrémités, jusqu'à une certaine distance sur ces bras.

Quand on pousse les bras de l'excitateur dans le plan de l'axe de l'électro-aimant, jusqu'à ce qu'une des pointes tombe dans le plan équatorial, tandis que la pointe de l'autre bras se trouve au-dessus d'une des armatures, toute la surface lumineuse se transporte du même côté de l'étincelle et présente, bien qu'agrandie, à peu près la même forme que la moitié de la surface qu'on avait auparavant.

Si l'on place l'excitateur de telle façon que l'étincelle saute près d'une arête de l'armature en forme de parallélipipède, qui se trouve dans la direction de l'axe, en sorte que le milieu de l'étincelle tombe dans le plan équatorial, la courbe limite de la surface lumineuse est alors formée de deux moitiés symétriques, qui ne sont plus planes, mais contournées.

L'action de l'aimant sur la décharge de l'appareil d'induction, telle que MM. Ruhmkorff et du Moncel ont été les premiers à la reconnaître, et dont il a été question dans ce qui précède, est complétement différente de celle que j'ai observée et dont j'ai cherché à établir les lois. Il y aurait une contradiction inexplicable entre les deux genres d'action, s'il n'y avait une différence dans les circonstances dans lesquelles ces deux classes de phénomènes se produisent, qui sont d'ailleurs parfaitement identiques, sauf dans ce qui concerne la densité du milieu ambiant. Nous pouvons donc énoncer ce résultat remarquable, à savoir que *l'action magnétique sur la décharge électrique diffère essentiellement suivant qu'elle s'exerce*

dans un milieu très-raréfié, ou dans un milieu dont la densité est plus grande, ce qui revient à dire *que la décharge est d'une nature différente dans les deux cas.*

L'examen du passage successif d'un des genres d'action magnétique à l'autre, fournit de nouveaux éclaircissements sur les questions théoriques, et nous nous trouvons ici en face des phénomènes les plus imprévus. Le but que nous devons nous proposer dans l'expérimentation consiste, pendant que le gaz afflue peu à peu, à poursuivre le phénomène à partir d'une des limites, où les belles surfaces formées par les courbes magnétiques apparaissent au pôle négatif et vers lesquelles s'épanouit la lumière plutôt diffuse de l'électrode négatif, jusqu'à l'autre limite où s'échappe un éclair, qui lui-même n'obéit pas à la force magnétique, mais qui est entouré d'une enveloppe lumineuse à laquelle l'aimant, en présence d'une vibration bruyante, donne la forme d'une surface lumineuse également belle et qui est limitée nettement par des courbes d'une tout autre nature (celles, par exemple, qui, lorsque les électrodes se trouvent dans le plan équatorial, coupent à angle droit les courbes magnétiques). Au point de vue théorique, il s'agirait de savoir avant tout ce qui constitue le translateur de la décharge électrique dans les deux cas extrêmes et dans les cas de transition, si c'est du métal provenant des électrodes, ou le gaz ambiant, ou tous les deux à la fois. Comme une différence du métal, dont est fait l'électrode, et particulièrement une différence du gaz ambiant amènent des phénomènes essentiellement différents, il faut d'abord combiner différents métaux avec différents gaz. Les observations des spectres donnent ici les résultats les plus sûrs; mais elles se trouvent compliquées particulièrement

par la nature de l'étincelle d'induction (de l'étincelle électrique en général), qui exerce une grande influence sur le phénomène.

J'ai fait faire pour ces recherches, dans l'atelier de M. Geissller, un appareil qui répond à toutes les exigences.

Un vase ellipsoïde dont la plus grande section a 48 millimètres de diamètre a été soufflé dans un tube, auquel on a conservé sur le prolongement de son grand axe des bouts assez grands pour pouvoir les munir de bouchons de verre usés à l'émeril. Ces bouchons de verre donnent passage à des fils de platine fondus dans le verre et qui, entourés d'un tube de verre, pénètrent dans l'ellipsoïde. Des tiges de différents métaux, de 24 millim. de longueur et de 2 à 3 millim. d'épaisseur, terminées d'un côté par une pointe conoïde et de l'autre percées selon l'axe d'une fine ouverture de 15 millim. de profondeur, peuvent être introduites dans le tube de verre, dans lequel elles entrent exactement et pénètrent à différentes profondeurs le long du fil mince de platine, de sorte que les pointes conoïdes des deux tiges de métal peuvent être placées dans le centre de l'ellipsoïde et dans la direction de l'axe à une distance fixe de 13 millim. environ. La décharge de l'appareil d'induction s'effectue entre ces deux pointes, lorsqu'on le met en communication avec elles au moyen des fils de platine qui sortent des bouchons de verre. Sur la partie latérale d'un des petits bouts de tube, qui reçoivent les bouchons de verre, on a adapté un tube de verre qui, à l'aide d'une courbure, est ramené dans l'axe de l'ellipsoïde, où il est muni d'un petit robinet également de verre (I); à quelques centimètres du premier, se trouve un second robinet semblable (II). Au delà du second robinet on a soufflé une boule de verre

assez grande, à la suite de laquelle un tube de même dimension porte également un troisième petit robinet (III).

On remplit de gaz sec tout l'appareil, muni des deux bouchons, les trois robinets étant ouverts ; puis on y fait le vide aussi complétement que possible et l'on répète cette opération jusqu'à ce qu'on arrive à avoir le réservoir ellipsoïde rempli de *gaz parfaitement pur*. Après cela on ferme les robinets (I) et (II), on introduit le même gaz dans la grande boule, en ayant soin d'en mesurer la densité, et l'on ferme le troisième robinet (III). On place maintenant l'appareil avec le réservoir ellipsoïde sur les deux armatures du grand électro-aimant, qu'on a eu soin de rapprocher l'une de l'autre, et pendant qu'on fait passer le courant d'induction, on ouvre d'abord le robinet (II), puis on le referme, ensuite on ouvre le robinet (I) et on le referme. Cette double opération, répétée autant qu'on le juge convenable, permet d'introduire à volonté de petites quantités de gaz nouveau dans le réservoir ellipsoïde. Si l'on a eu soin préalablement de calibrer les différentes capacités des parties de l'appareil, on peut calculer d'après cela la quantité de gaz introduite dans le réservoir ellipsoïde et sa densité.

Dans le passage susmentionné de l'un à l'autre des phénomènes magnétiques, il ne peut être question que de très-petites quantités de gaz. Par le procédé indiqué, nous pouvons faire arriver des quantités de gaz presque inappréciables en donnant au gaz dans la grande boule une très-petite densité.

Nous pouvons aussi dans le réservoir ellipsoïdal faire arriver un *autre* gaz dans un gaz donné. S'il s'agit d'opérer avec de l'air dans l'air, on peut, dans les expériences ordinaires, couper l'appareil entre les deux pre-

miers robinets et ne conserver que la partie qui tient au réservoir ellipsoïdal. Après avoir fait le vide, on peut fermer l'ouverture du tube avec le doigt, puis successivement ouvrir et fermer le robinet, avant de retirer le doigt. De cette manière on parvient à introduire une quantité minime d'air facile à déterminer. Ce minimum correspondait dans le réservoir ellipsoïdal, lors de la première série d'expériences, approximativement à une tension de 4 à 5 millimètres.

Nous nous bornerons à décrire ici une de ces expériences. Les électrodes étaient en aluminium du commerce et placées à la distance de 10 à 12 millim. l'un de l'autre ; ils dépassaient de 4 à 5 millim. le tube de verre dans lequel ils étaient renfermés. J'ai employé d'abord le petit appareil de Ruhmkorff, mis en activité par une pile de Grove de trois éléments. Le tube reposait dans le plan équatorial.

La raréfaction étant aussi grande que possible, la lumière était presque incolore, avant l'excitation magnétique, et n'offrait qu'au pôle négatif une faible teinte violette. Le rayonnement le plus fort partait de l'électrode négatif; les rayons les plus lumineux formaient un disque traversant perpendiculairement la pointe de cet électrode, cependant il y avait aussi un rayonnement du côté de l'électrode positif, sans que la lumière des deux électrodes se mélangeât, tandis que de l'autre côté du disque les rayons s'éteignaient à une faible distance. Autour de l'électrode positif et immédiatement à l'endroit où il sort du tube de verre qui l'enveloppe, il se formait un anneau d'une blancheur éclatante, et la pointe de l'électrode ellemême apparaissait lumineuse dans une lueur semblable. Du reste l'électrode était entouré d'une enveloppe faible-

ment lumineuse dont la limite convexe incertaine était séparée par un espace obscur de la limite non moins incertaine du rayonnement négatif. Des points lumineux isolés étaient parsemés sur l'électrode et perçaient à travers l'enveloppe lumineuse.

Après la mise en activité de l'aimant on voyait se former la belle surface lumineuse, colorée faiblement en violet bleuâtre, reposant sur la paroi de verre, décrivant une voûte selon les courbes magnétiques, dont la largeur de 4 à 5 millim., correspondait à la partie de l'électrode négatif qui ressort du tube de verre. Cette surface est indépendante de la direction du courant et de la polarité magnétique ; mais la lumière blanche de l'électrode positif, qui en dépend, s'étend soit du côté supérieur, soit du côté inférieur, et se dirige de là vers la partie la plus éclairée de la surface lumineuse négative, sans cependant se mélanger avec elle.

La première introduction d'air a eu lieu pendant le passage du courant, l'aimant étant en activité. Tout d'un coup, à la place du phénomène précédent, est apparu un arc d'un *rouge intense*, partant de l'électrode positif, tourné en haut ou en bas vers l'électrode négatif, qui était lui-même entouré d'une enveloppe d'un violet foncé, d'où partait des deux côtés la surface lumineuse magnétique, qui cependant ne s'étendait qu'à une faible distance et n'atteignait pas, comme avant, la paroi de verre. Les extrémités de l'arc rouge présentaient deux nuages séparés, en forme de ménisque, de la même lumière et dont le côté convexe était tourné du côté de l'électrode négatif.

Une seconde introduction d'air a réduit la surface lumineuse magnétique à deux petites portions, placées de

chaque côté de l'enveloppe lumineuse violette de l'électrode négatif, dont elle s'était rapprochée davantage. Une troisième introduction d'air l'a fait disparaître complétement. L'arc rouge s'étendait de plus en plus, pendant que les couches lumineuses augmentaient en nombre en devenant toujours plus régulières. Pendant ces transformations, la forme de cet arc se rapprochait d'une surface plane. Après neuf introductions d'air, cette surface paraissait d'un rouge moins intense et les couches devenaient plus indéterminées. Elle avait grandi et s'étendait vers le haut (ou vers le bas) au-dessus d'une partie de l'électrode négatif, qui avait conservé une enveloppe lumineuse étroite d'un violet bleu vif, et était limitée, en haut (ou en bas) *par un bord d'un beau jaune* et parfaitement tranché. La lumière des deux électrodes était toujours nettement séparée par un espace obscur. L'enveloppe violette était presque la même, quand l'aimant n'était pas en activité, mais la belle lumière rouge formait un ellipsoïde de révolution allongé, à peu près trois fois plus long que large, presque régulier, nettement dessiné, dont le grand axe s'étendait depuis l'électrode positif jusque tout près de l'électrode négatif. (Cet ellipsoïde se développait pendant l'introduction successive de l'air, ainsi qu'on l'a observé pour des électrodes de *cuivre*, à partir *d'un seul point rayonnant*, situé à l'extrémité de l'électrode positif, où l'action de l'aimant provoque immédiatement l'apparition de la surface lumineuse rouge; au premier moment l'ellipsoïde est petit, s'appuie sur l'électrode positif, le grand axe tourné vers l'électrode négatif, et augmente peu à peu en conservant sensiblement les mêmes proportions.) Après quatorze introductions d'air et sans l'action de l'aimant, la lumière violette

était réduite à un minimum, reposant sur l'extrême pointe de l'électrode négatif. Le jet de lumière rouge qui, sous la forme d'un fil épais, se dirigeait de la pointe de l'électrode positif jusque vers la lumière violette, était tout entouré d'une lumière jaune. La lumière violette disparaissait complétement quand l'aimant était mis en activité. Il se formait alors entre les pôles une étincelle rectiligne d'une grande finesse, qui constituait là la limite bien tranchée de la surface lumineuse, tandis que vers le haut (ou vers le bas) elle était terminée par un arc de cercle. La lumière rouge de la surface était momentanément traversée par des arcs jaunes et de temps en temps par un anneau large et concentrique bordé en dehors par une belle lumière jaune. Nous avons ici, en employant des courants d'inductions faibles, une reproduction fidèle des phénomènes décrits plus haut, dans lesquels les *mêmes* forces apparaissent avec plus d'intensité et de bruit, sous la pression ordinaire de l'atmosphère, mais en employant le grand appareil d'induction. Quand on continue à faire arriver de l'air, l'intensité de l'étincelle augmente aux dépens de celle du disque lumineux.

Dès les premières introductions d'air, l'intérieur du réservoir ellipsoïde offrait une coloration rouge jaunâtre, qui devenait très-intense après quatorze introductions (encore plus forte avec des électrodes de cuivre). Les éléments de l'air s'étaient réunis chimiquement pour former de l'oxyde nitrique et ce dernier s'était combiné à son tour avec l'oxygène de l'air qui restait. On ne peut douter que ce ne soit l'acide nitreux ou l'acide hyponitrique qui, se formant d'une manière incessante, soit le translateur de cette remarquable lumière jaune. Du moins d'autres gaz, l'hydrogène, par exemple, avec les mêmes

électrodes, ne donnent pas lieu à la production de cette lumière.

Les phénomènes produits par le petit appareil d'induction, et que nous venons de passer en revue, ne laissent rien à désirer quant à la beauté, l'éclat et la netteté. L'emploi du grand appareil (je n'ai utilisé que quatre des six éléments zinc-charbon à grandes surfaces que M. Ruhmkorff joint à son appareil) présente quelques particularités dignes d'attention. Si nous partons de nouveau de l'état de la plus grande raréfaction, l'interruption du courant d'induction produit le même rayonnement lumineux, observé précédemment, sans qu'il y ait d'augmentation d'intensité correspondante. Rétablit-on le courant d'induction, le même phénomène se présente, avec une intensité à peu près semblable; seulement les électrodes changent de rôle, parce que la direction du courant induit a changé. Lorsqu'en faisant usage du commutateur de Ruhmkorff les interruptions et les fermetures de circuit se succèdent assez rapidement pour qu'à l'œil le phénomène paraisse continu, l'on voit *simultanément* les deux phénomènes que l'on observe *successivement* avec le petit appareil quand on change la direction du courant induit. Aussitôt que l'aimant est mis en activité, on aperçoit deux belles surfaces magnétiques lumineuses, qui passent par les extrémités des électrodes sortant du tube de verre et qui reposent sur la paroi de verre intérieure du réservoir ellipsoïdal; elles ont exactement la même forme et la même couleur. De chaque électrode opposé afflue, vers chacune d'elles, de la lumière diffuse, surtout vers le haut ou vers le bas. La différence de l'intensité des deux surfaces lumineuses est d'autant plus petite que la rapidité du commutateur est plus grande.

Après la première introduction d'air, les deux électrodes se trouvaient entourés d'une enveloppe lumineuse d'un violet-bleu vif et les surfaces magnétiques n'atteignaient plus la paroi de verre. Deux arcs d'un beau rouge partaient des deux électrodes, l'un se dirigeant vers le haut, l'autre vers le bas, comme nous l'avons vu plus haut. L'une des deux surfaces magnétiques lumineuses de l'un des électrodes et l'arc rouge de l'autre électrode, s'étendaient un peu moins que l'autre surface et l'arc correspondant. Quand on interrompait le courant d'induction avec la main, l'enveloppe violette et le commencement de la surface magnétique lumineuse ne se présentaient qu'à l'un des électrodes et l'arc rouge à l'autre; l'un et l'autre avec une grande intensité. Mais si quelques instants après l'on fermait le circuit, avec l'absence de courant induit, disparaissait tout phénomène lumineux. D'un autre côté, si *immédiatement* après avoir interrompu le courant, on le fermait de nouveau, le phénomène lumineux reparaissait, avec le changement de direction du courant, et son intensité était d'autant plus grande que l'espace de temps écoulé entre l'ouverture et la fermeture était *plus court*. Le même effet était obtenu *avec* ou *sans* le concours de l'aimant.

La différence d'intensité des phénomènes lumineux, simultanés pour l'œil et correspondant aux deux courants de direction opposée, augmentait à chaque introduction d'air, jusqu'à ce que l'arc rouge partant d'un des électrodes, et l'enveloppe violette de l'autre électrode, eussent complétement disparu[1]. Lorsque ce cas se présentait,

[1] On met en évidence de cette manière le fait bien connu que, lorsque la résistance augmente, le courant de fermeture s'affaiblit toujours plus par rapport au courant d'ouverture jusqu'à ce qu'il

on voyait apparaître entre les électrodes un éclair fin, formant d'un côté le bord d'un demi-disque qui offrait une lueur uniforme dans la lumière jaune-orange vif dont il a été question plus haut. A mesure que la densité de l'air augmentait, l'éclair devenait plus vif et la lumière jaune du disque se mélangeait de lumière rouge.

Les observations que j'ai publiées précédemment sur les phénomènes magnétiques lumineux qui se manifestent entre des électrodes rapprochés se trouvent confirmées par ces nouvelles expériences et en même temps elles en sont complétées pour ce qui concerne le degré de raréfaction du milieu ambiant. Les lois que j'ai déduites de ces observations sur l'influence de l'aimant sur la lumière du pôle positif, restent applicables jusqu'à ce que, le gaz ayant atteint une densité suffisante, il se forme un pont lumineux entre les deux pôles. Dans ce dernier cas, ce sont les lois énoncées au commencement de ce travail qui sont applicables.

Nous n'avons traité ici que le cas le plus simple, celui dans lequel les électrodes se présentent avec leurs extrémités dans la position équatoriale. Les phénomènes les plus divers se présentent si la décharge s'opère dans des atmosphères de gaz dont la densité augmente graduellement, entre des électrodes parallèles ou croisés et dans des positions différentes à l'égard de l'électro-aimant.

disparaisse complétement. Ce phénomène est plus lent à se produire dans une atmosphère de gaz hydrogène. La méthode que nous suivons pour faire le vide et pour remplir l'appareil, permet de déterminer sans difficulté la densité à laquelle, l'intensité du courant étant donnée, l'étincelle d'ouverture cesse de passer dans les différents gaz. Je n'entrerai pas ici dans plus de détails sur la signification physique des constantes qui ressortent de ces expériences.

Dans ce qui précède, nous avons opéré sur l'étincelle ordinaire de l'appareil de Ruhmkorff. La décharge est bien différente lorsque des deux colonnes dans lesquelles sont fixés les deux bouts du fil d'induction, il part, selon l'indication de Ruhmkorff, outre les deux électrodes entre lesquels l'étincelle s'échappe, deux autres électrodes qui sont en communication avec les deux armatures d'une bouteille de Leyde d'une dimension convenable. Ne citons qu'un exemple frappant. Tandis que l'étincelle ordinaire, à la distance précédente et dans un gaz d'une densité de 300 millim., n'offre qu'une faible lumière et un spectre pâle, dans lequel aucune couleur ne domine, on obtient avec la disposition que nous venons de décrire une étincelle d'un rouge extrêmement intense, dont le spectre est complet et dans lequel les trois bandes propres à l'hydrogène ressortent avec un éclat éblouissant. Dans cette expérience, le grand appareil était mis en activité au moyen de quatre grands éléments.

Dans les autres gaz, extrêmement raréfiés, sans ou avec le concours de l'aimant, les phénomènes sont les mêmes que dans l'air.

RÉSUMÉ DE DIVERS TRAVAUX RÉCENTS

RELATIFS

AUX COMÈTES

PAR

M. le prof. A. GAUTIER.

Le sujet des comètes continue à exciter particulièrement l'intérêt des astronomes, et l'apparition soudaine, qui a eu lieu pour l'Europe à la fin de juin 1861, d'un astre de ce genre, remarquable par son éclat et par la longueur de sa queue, a de nouveau attiré l'attention publique. Je vais entrer à cette occasion dans quelques détails, pour faire suite à une notice précédente [1], dans l'espoir qu'ils pourront être agréables à une partie des lecteurs de ce Recueil.

Mémoire de M. Axel Mœller sur la comète de Faye.

Je commencerai par analyser rapidement un mémoire important de M. le Dr Axel Mœller, professeur à l'université de Lund, en Suède, sur l'orbite de la comète à courte période dite de Faye, mémoire qui a paru en février 1861 dans le n° 1295 des *Astronomische Nachrichten* [2].

[1] Voyez *Archives*, nos de décembre 1859 et de janvier 1860.
[2] Je désignerai, dans le cours de cet article, le *Journal astro-*

M. Mœller avait déjà publié dans le n° 1259 du même journal des éléments de l'orbite de cette comète, résultant des observations faites dans ses deux apparitions consécutives de 1843 et de 1851, distantes d'environ sept ans et demi. Il a calculé, avec les éléments résultant de la seconde, les perturbations, provenant de l'action des planètes, qui devaient influer sur le retour de cette comète en septembre 1858, et il a pu ensuite, d'après ces calculs, construire une éphéméride qui donnât les positions de cet astre sur la sphère céleste dans cette troisième apparition. Or, les positions observées alors ont présenté avec les positions calculées des différences presque constantes, s'élevant à près de $^3/_4$ de degré pour l'ascension droite, dont la comète s'est trouvée en avance sur ses positions résultant du calcul. Les différences en déclinaison ont été d'environ $^1/_{12}$ de degré, dont la comète a été plus boréale qu'elle ne devait l'être d'après le calcul. Ces différences étant évidemment bien plus grandes que celles auxquelles on pouvait s'attendre d'après la théorie ordinaire, l'auteur a été conduit par là, à l'exemple de M. Encke pour la comète qui porte son nom, à introduire dans ses calculs un terme dépendant du carré du temps. Il en est résulté, en appliquant la méthode des moindres carrés aux équations de condition provenant des observations, des corrections aux premiers systèmes d'éléments correspondant aux trois apparitions de cette comète ; et ces corrections ont procuré, en définitive, au Dr Mœller des éléments qui ne donnent plus lieu qu'à des différences de quelques secondes de degré entre les positions observées et calculées. Ainsi, quoique la comète

nomique d'Altona et les Notices mensuelles de la Société astronomique de Londres par leurs initiales respectives *A. N.* et *M. N.*

de Faye ait une distance périhélie de 1,7 (celle de la Terre au Soleil étant 1), et reste, par conséquent, à une distance de ce dernier astre de plus de 58 $^1/_2$ millions de lieues de 25 au degré, au moment où elle en est le plus rapprochée, il paraît qu'elle n'en éprouve pas moins, comme la comète d'Encke, dont la distance périhélie n'est que de 0,33, un effet sensible de résistance ou de répulsion, tendant, en la rapprochant un tant soit peu du Soleil, à accourcir légèrement la durée de sa révolution autour de lui. M. Axel Mœller annonce des recherches ultérieures, dans lesquelles il s'attachera à déterminer la grandeur de cette résistance. Je ferai mention plus loin de nouvelles recherches faites par lui.

Note de M. Roche sur la masse des comètes.

Je passe maintenant à une *Note sur la masse des comètes*, publiée en 1861 par M. Édouard Roche, dans le tome V des mémoires in-4° de l'Académie des sciences et lettres de Montpellier, et qui n'y occupe que 12 pages. J'ai eu déjà l'occasion, dans la notice rappelée ci-dessus, de parler des intéressantes recherches théoriques de M. Roche sur les atmosphères nébuleuses des comètes. L'idée de concevoir une atmosphère cométaire limitée au point où l'action attractive de la comète est contrebalancée par celle du Soleil, et de déduire des dimensions observées de cette nébulosité le rapport des masses des deux astres, a été énoncée dès 1808 par le professeur Joseph Calandrelli, astronome à Rome, et appliquée par lui à l'évaluation de la masse de la comète de 1807. M. Roche a eu de son côté la même idée, et en a fait diverses applications dès 1851.

En désignant par μ le rapport de la masse de la comète à celle du Soleil.
« a la distance de la comète au Soleil,
et par R le demi-grand axe de la surface qui termine l'atmosphère de la comète, on a la relation :

$$R = a \sqrt[3]{\frac{\mu}{2}}$$

Pour obtenir directement la distance où l'attraction solaire limite l'atmosphère cométaire, il ne serait pas exact, observe M. Roche, de chercher entre la comète et le Soleil le point d'égale attraction, comme si ces deux astres étaient immobiles. Le point en question est celui où une molécule cesse de peser vers la comète, c'est-à-dire ne tend plus à s'en rapprocher. La comète circulant elle-même autour du Soleil, la *pesanteur relative* d'une molécule vers la comète est, suivant la position de la molécule, la somme ou la différence de sa pesanteur absolue vers la comète et de la pesanteur de celle-ci vers le Soleil. C'est en égalant cette pesanteur relative de la molécule à l'attraction qu'elle éprouve en sens contraire de la part du Soleil, qu'on déterminera la limite cherchée.

M. Roche se demande ensuite s'il faut prendre pour le demi-grand axe de l'atmosphère de la comète le rayon de la nébulosité, ou bien celui du noyau placé dans son intérieur. On pourrait essayer les deux valeurs et obtenir ainsi deux limites extrêmes de la masse de la comète, mais l'application qu'il fait de ce procédé à la grande comète de 1858, dite de Donati, lui donne des valeurs si différentes, qu'elles ne permettent pas de se faire une idée précise de l'élément qu'on se propose d'évaluer. Il

estime qu'on obtiendra une valeur plus exacte en considérant la comète à une grande distance du Soleil, avant que la queue ait commencé à paraître. Ainsi, le diamètre apparent de la comète de Donati ayant été estimé de 2 ou 3 minutes de degré au commencement de juin 1858, il suppose son rayon de 75 secondes, et en déduit pour la masse de la comète 47 millionièmes, ou environ un 21 millième de celle de la Terre. L'application du même procédé à la comète d'Encke lors de son apparition de 1828, lui donne pour la masse de cette dernière un millième de la masse de la Terre. Cette valeur, dit-il, est bien supérieure à celle qu'on aurait pu supposer *a priori*, mais il ne lui semble pas qu'on puisse en faire une objection sérieuse à sa théorie. En n'attribuant à la nébulosité de cette comète qu'un millième de la masse de son noyau, la densité de cette nébulosité serait seulement celle de l'air sous la pression de trois millimètres de mercure.

Quant à la comète de Donati, sa masse serait, d'après M. Roche, d'environ 53 fois celle de l'atmosphère terrestre, et équivaudrait à la masse d'une sphère d'eau de 400 kilomètres de rayon. En estimant, un peu après le périhélie, son noyau de deux secondes ou de 800 kilomètres de rayon, sa nébulosité de 50 secondes de rayon, et admettant de plus que cette nébulosité contenait un millième de la masse totale, la densité moyenne du noyau serait un huitième de celle de l'eau, et la densité de la nébulosité serait égale à celle de l'air sous la pression de 5 millimètres de mercure.

Dans le voisinage du Soleil, les variations de grandeur qu'éprouve le diamètre de la nébulosité dénotent l'existence d'une cause nouvelle qui vient se joindre à la gra-

vitation, en sorte que la formule précédente cesse d'être applicable. On doit alors faire entrer en ligne de compte une action répulsive, qui s'exerce du Soleil sur la nébulosité, tandis que le noyau lui-même y est insensible. M. Roche suppose qu'elle varie, comme la gravité, en raison inverse du carré des distances, et qu'elle est une fraction φ de cette gravité. Désignant alors par D le grand axe de la surface terminatrice de l'atmosphère cométaire, il trouve :

$$D = a \sqrt{\frac{2\mu}{\varphi}}.$$

Cette formule ne permet de calculer μ, au moyen de la grandeur observée de D, que lorsque la force répulsive φ est connue. Mais, si l'on suppose la masse connue, on peut déduire de là les valeurs de φ correspondantes aux diverses valeurs a de la distance de la comète au Soleil.

Ainsi, en partant de la valeur obtenue plus haut pour la masse de la comète d'Encke, on voit que la force répulsive ne devient notablement appréciable sur cette comète que lorsque a n'est plus que les $^{9}/_{10}$ de la distance moyenne de la Terre au Soleil ; mais cette force croît ensuite de plus en plus rapidement à mesure que la comète se rapproche du Soleil. En comparant de cette manière les mesures effectuées lors des diverses apparitions de la comète, on pourra s'assurer si la masse reste invariable, et si, pour la même distance relativement au Soleil, l'action répulsive reprend la même valeur.

Un calcul analogue sur la comète de Donati donne environ $\varphi = 1$, ou une répulsion égale à l'attraction solaire à l'époque du périhélie. Or, c'est précisément la valeur

obtenue par M. Pape, en appliquant à cette comète la théorie de Bessel sur la forme des queues, théorie basée aussi sur l'hypothèse d'une force répulsive.

M. Roche croit qu'une discussion approfondie des variations du diamètre apparent des comètes permettra d'arriver à des notions assez précises sur leurs masses; et, dans l'incertitude où l'on a été jusqu'ici sur un élément aussi important pour la connaissance de ces corps, on ne doit négliger aucune indication susceptible de remplir cette lacune.

Mémoire du P. Secchi sur la grande comète de 1861.

Une des plus intéressantes publications auxquelles a déjà donné lieu la grande comète de l'été dernier, est celle d'un discours lu le 12 août par le père Angelo Secchi à l'Académie Tibérine de Rome, et qui a paru en italien, dans le t. 23 du *Giornale Arcadico,* en une brochure de 66 pages in-8° et une planche.

L'auteur commence par y décrire les apparences qu'a présentées cette comète, depuis sa brusque et brillante apparition le 30 juin, dans la région circompolaire du ciel boréal d'Europe. J'en extrairai d'autant plus volontiers quelques détails, que la clarté du ciel de Rome et la force optique de la lunette de l'équatorial du Collége Romain, ainsi que l'habileté de l'astronome, recommandent particulièrement ses observations.

M. Secchi évalue, le 30 juin au soir, la longueur de la queue de la comète à 118 degrés et par moments jusqu'à 138! Sa plus grande largeur était de 8 degrés et de 6 seulement vers son sommet. Le diamètre de la nébulosité du noyau avait au moins 20 minutes de degré. Le

lendemain, 1er juillet, vers 2 heures du matin, la tête de la comète présentait un noyau bien distinct et aplati, de couleur jaunâtre, d'où sortaient des jets de rayons de couleur rose, disposés en un éventail d'environ 90 degrés d'ouverture, le tout entouré d'une épaisse nébulosité blanche, plus brillante dans la direction des rayons. M. Secchi a trouvé, par trois mesures très-soignées prises avec le micromètre filaire, que le plus grand diamètre du noyau, dirigé dans le sens perpendiculaire à la queue, était de 10 secondes de degré (10″,05) et que la longueur des jets de lumière de l'éventail était de 1′55″. Il lui a paru qu'il y avait deux enveloppes de nébulosité autour du noyau, et il a estimé à plus de 15 minutes de degré de distance du centre la limite fort incertaine du rayon de l'enveloppe extérieure. Lors du crépuscule du matin, on ne voyait plus que le noyau, comme un globe de lumière faible, surmonté d'une aigrette; et il n'est resté visible dans la lunette que jusqu'à 6 heures du matin, ce qui montre bien, ainsi que le remarque l'auteur de ces observations, l'énorme différence qui existe entre la lumière des comètes et celle des étoiles fixes et même des planètes[1].

Le 1er juillet au soir, le noyau, observé avec le même oculaire que le matin, a été trouvé seulement de 6″,15 de diamètre, et de 3″,03 avec un grossissement de 400 fois: sa plus grande longueur était dirigée dans le sens de la queue. Ces changements de dimension, correspondant

[1] M. Jules Schmidt dit aussi à l'occasion de cette comète, au No 1320 des *Astr. Nachr.* (bas de la 1re page de ce no), que le 1er juillet au matin le noyau de la comète a pu être facilement suivi, avec la grande lunette de l'observatoire d'Athènes, jusqu'à l'apparition du soleil et même plus tard.

à ceux de l'amplification optique, fournissent, dit M. Secchi, une preuve décisive que ce que nous appelons noyau n'est pas un corps solide, mais seulement une masse plus dense, de limites assez incertaines et diffuses. La queue avait une longueur de 116 degrés, et se composait d'une première partie assez large et moins longue, et d'une autre plus longue et plus étroite, qui paraissait le prolongement du jet lumineux, curviligne, émanant du côté boréal du noyau. La vivacité de la lumière de la queue n'était déjà plus que la moitié de ce qu'elle était la veille.

Le 2 juillet au soir, l'apparence de la comète dans la lunette n'était pas notablement changée ; l'espace noir derrière le noyau était seulement plus prononcé et la nébulosité des jets de lumière du milieu paraissait augmentée. On remarquait des changements de figure assez rapides et qui paraissaient indiquer une grande agitation dans la matière nébuleuse. Le noyau assez mal terminé, quoique le ciel fût très-clair, a été trouvé de 4",09 avec un grossissement de 400 fois, de 2",75 avec celui de 600 et d'à peine 2" avec celui de 1000 fois ; ce dernier réduisait le noyau à une nébulosité très-indistincte, où l'on apercevait difficilement les contours principaux d'un petit globe et d'un éventail[1]. La planche jointe au mémoire renferme diverses figures soignées, soit de l'ensemble de la comète à la vue simple, soit de sa tête observée à la lunette avec divers grossissements en ces jours-là et dans

[1] M. Schmidt, dans l'article que je viens de citer, croit que le noyau proprement dit de cette comète, ainsi que de celle de 1858, avait à peine une seconde de degré de diamètre ; et ç'a été aussi, si je ne me trompe, l'opinion de sir W. Herschel pour celui de la grande comète de 1811.

les suivants. Le noyau a passé dans la soirée du 2 juillet à environ une minute de degré d'une étoile de 7e à 8e grandeur, sans que l'étoile ait paru plus affaiblie qu'elle ne l'aurait été dans un champ éclairé. Il en a été de même le 4 au soir pour une étoile de 9e grandeur, qui a été traversée par un des rayons les plus brillants de l'éventail.

On reconnaissait à l'œil nu, le 3 juillet, que la queue était réellement double, et se composait d'un large panache long de 4 degrés, légèrement infléchi vers l'occident, puis d'une queue longue et étroite, presque rectiligne, située de l'autre côté du noyau. Le 4, les deux queues paraissaient tout à fait séparées et la plus longue avait 80 degrés d'étendue. La direction de l'axe de cette dernière déviait de 6 degrés du plan passant par la comète et le soleil, et l'autre déviait de 17 degrés de ce même plan.

Le 9 juillet, la queue n'avait plus que 33 degrés, et elle a commencé depuis ce jour-là à diminuer réellement de longueur; le 26, après un intervalle de clair de Lune pendant lequel on ne pouvait la mesurer, elle n'avait plus que 4 degrés. A cette dernière époque la tête de la comète était réduite à une simple nébulosité, excentrique au noyau, très-fumeuse et ayant environ 13 minutes de diamètre. Le 7 août, la queue n'avait plus qu'un degré de longueur.

M. Secchi, après avoir décrit les apparences physiques de cette comète, et rejeté dans un *Appendice* à son mémoire les détails de ses positions sur la sphère céleste observées au Collége Romain du 30 juin au 31 juillet 1861, s'occupe des éléments de l'orbite parabolique de cette comète, et rapporte ceux calculés par M. le Dr Seeling, de l'observatoire d'Altona, d'après 40 jours d'ob-

servation. Une des particularités les plus remarquables de cette orbite, c'est que son plan est presque perpendiculaire à celui de l'écliptique, ou de l'orbite de la Terre. La comète a passé dès le 11 juin à son périhélie, et sa distance au Soleil était alors d'environ les $^{4}/_{5}$ de la distance moyenne de la Terre au Soleil. Le mouvement héliocentrique de cette comète a lieu dans le sens direct, tandis que celui de la grande comète de 1858 était rétrograde. Le 30 juin, la comète n'était distante de la Terre que d'environ $4^{1}/_{2}$ millions de lieues de 25 au degré, et sa queue avait une longueur d'environ $8^{1}/_{3}$ millions de ces mêmes lieues. La comète a traversé, le 28 juin, le plan de l'orbite terrestre entre la Terre et le Soleil ; si ce passage avait eu lieu deux jours plus tard, l'extrémité de la queue aurait atteint la Terre ; mais le 30 la comète se trouvait déjà assez élevée au-dessus de la Terre, et comme sa queue était peu courbée, elle n'a pas dû atteindre réellement notre globe. La matière de la queue est d'ailleurs si rare, qu'il n'est guère à présumer qu'elle pût pénétrer dans l'atmosphère terrestre, du moins selon l'opinion de M. Babinet.

Le diamètre du noyau de la comète a diminué très-rapidement à mesure que la comète s'est éloignée du Soleil. Mais la nébulosité de sa tête s'est, en revanche, fort accrue successivement aux dépens de la queue, de telle sorte que le 1er août cette nébulosité avait un diamètre angulaire de 3' 21" et un diamètre réel d'au moins 34000 lieues, la queue ayant alors à peine un degré d'étendue à l'œil nu. Cette augmentation du diamètre de la nébulosité avec celle de la distance au Soleil a été observée assez généralement dans les comètes. M. Valz l'a attribuée à une diminution de pression de l'éther, mais M. Secchi la croit due à une autre cause.

Cet astronome adoptant la formule de Calandrelli relatée ci-dessus, pour déduire la masse de la comète de son diamètre apparent et de sa distance au Soleil, trouve pour la limite supérieure de la masse de la comète de 1861 environ la deux millionième partie de celle du globe terrestre, ce qui équivaudrait au double de la masse de notre atmosphère, qui correspond, comme on sait, à une couche d'eau de 10 mètres de hauteur. La limite inférieure, évaluée, pour l'étendue, en milles italiens de 60 au degré, serait, selon lui, une masse de 56 milles cubes d'eau. M. Secchi estime, en conséquence, que la rencontre d'une comète par la Terre pourrait n'être pas tout à fait aussi inoffensive qu'on l'a supposé dans ces derniers temps ; qu'elle pourrait altérer la constitution physique de notre atmosphère et faire varier le niveau des mers. Mais la probabilité d'une telle rencontre lui paraît très-faible, et il la compare à celle d'un nouveau volcan qui viendrait à surgir au point du globe que nous habitons.

Quant à la densité de cette comète, sa valeur *maximum* pour le noyau serait à peine de 16 fois celle de notre air atmosphérique ou un 45ᵉ de celle de l'eau, et la valeur *minimum* 1800 fois moindre que celle de l'air. La densité moyenne du noyau et de la nébulosité, le 1ᵉʳ juillet (où le diamètre de celle-ci était au moins triple de celui de la Terre), était à peine en *maximum* les deux millièmes de la densité de l'air, ce qui équivaut au vide des meilleures machines pneumatiques.

Une des questions les plus intéressantes à résoudre relativement aux comètes, est de savoir si elles ont une lumière propre ou seulement réfléchie. Les phénomènes de polarisation peuvent jeter quelque jour sur ce sujet. Le 1ᵉʳ juillet au soir, la lumière de la nébulosité de la

comète a été trouvée par M. Secchi fortement polarisée, le plan de polarisation étant distant de 32 degrés de celui passant par le Soleil : mais le noyau ne présentait pas de trace de polarisation ce soir là. L'auteur en conclut que la lumière de la nébulosité était réfléchie, mais il ne peut déduire de son observation que le noyau avait une lumière propre, attendu que nos nuages atmosphériques ne polarisent pas non plus la lumière Solaire. La comète de 1861 ne s'étant pas plus rapprochée du Soleil que la planète Vénus, où l'intensité des rayons solaires est à peine double de celle qu'ils ont sur la Terre, on ne peut supposer le noyau de cette comète à l'état d'incandescence, à moins que sa matière ne soit d'une nature plus inflammable que la plupart de celles que nous connaissons.

« Ce qui est certain, ajoute M. Secchi, c'est que nous voyons le noyau par transparence, ou plutôt par diffusion, comme on voit un amas de poussière ou de fumée. En effet, le 1er juillet au matin, ce noyau était presque parfaitement rond, tandis que si c'eût été un globe opaque il n'aurait pas pu avoir cette forme, parce que, vu sa position entre le Soleil et la Terre, il aurait dû paraître fortement échancré, comme le sont en pareil cas la Lune, Mercure et Vénus, et présenter un croissant large seulement d'un 7e du diamètre. Or rien de pareil n'a été aperçu, et la légère compression observée dans le noyau doit être attribuée à une autre cause... On peut tirer la même conclusion de ce que le noyau ne projetait aucune ombre derrière lui ; il est vrai que le 3 juillet au soir il y avait un espace obscur derrière le noyau, mais ce n'était pas une ombre, sa direction faisant un angle de 44 degrés avec celle opposée au Soleil. La très-faible densité du

noyau ne doit pas rendre sa transparence surprenante ; on aurait probablement fort bien pu voir une étoile à travers, comme j'en ai vu une en 1851 au centre de la comète de Biela.

« On a cherché si les comètes ont un mouvement de rotation, sans pouvoir encore rien décider sur ce point. Bessel a observé une variation dans la direction des jets lumineux émanant de la comète de Halley, en les rapportant au cercle passant par le Soleil ; j'ai constaté une semblable variation dans les jets de lumière de la comète de 1861. Ainsi, le jet central qui faisait, le 1er juillet au soir, un angle de —25 degrés avec le Soleil, en faisait un

le 2 au soir de — 17°
le 4 » — 8°
le 8 » + 5°

« Quoiqu'une partie de ces variations ne soit qu'apparente, et soit due au changement de position de l'observateur, on doit reconnaître un mouvement réel de rotation lente. »

Nous arrivons, maintenant, à la dernière partie du discours du Père Secchi, relative aux idées émises sur la formation des queues de comètes. Il y présente un résumé historique fort bien fait des principales hypothèses émises sur ce sujet et des travaux théoriques auxquels elles ont donné lieu. Ayant déjà traité ce point dans ma Notice de 1859, je me bornerai à transcrire ici une ou deux remarques de l'auteur, ainsi que les conclusions qu'il tire de l'examen dans lequel il est entré.

M. Secchi observe que l'hypothèse d'un milieu résistant, répandu généralement dans les espaces célestes, ne peut bien rendre raison des apparences que présentent les queues de comètes, parce que son action devrait di-

riger ces queues derrière le noyau, en sens opposé du mouvement de ce noyau, tandis qu'elles sont dirigées du côté opposé au Soleil, et quelquefois, par conséquent, à angle droit de la direction du mouvement de la comète et même en avant de sa tête. On a été conduit ainsi, depuis Kepler, à admettre que le Soleil exerce, sur la matière extrêmement raréfiée qui forme la queue des comètes, une action répulsive qui la rejette du côté opposé au Soleil. On a calculé qu'en supposant que la masse de la comète de Halley fût un 5000e de celle de la Terre, ce qui est très-probablement une valeur supérieure à la réalité, le point où l'attraction de son noyau égalait celle du Soleil devait se trouver près de ce noyau, à la 42240e partie de sa distance au Soleil, en sorte que ce point, vu de la Terre, se trouvait à peine à un 10e du rayon de la nébulosité de la comète à partir de son noyau. On voit par là que la plus grande partie de cette nébulosité, et à plus forte raison la queue, paraissent devoir être indépendantes de l'action attractive du noyau, et l'accompagnent seulement par l'impulsion commune qu'avaient leurs particules, au moment où, probablement par l'action de la chaleur, elles sont sorties de sa sphère d'activité. Mais, après avoir été lancées à d'immenses distances, par une force répulsive, qui, dans le cas de la grande comète de 1858, leur faisait décrire 32500 mètres par seconde, comment sont-elles, en grande partie du moins, réabsorbées par la comète à mesure qu'elle s'éloigne du Soleil? C'est un point dont l'explication complète paraît encore difficile à notre auteur.

« On ne peut admettre, dit-il, que la force répulsive dont il est ici question s'étende indistinctement à toute la masse avec la même intensité, parce qu'il en résulte-

rait dans le cours de la comète d'énormes perturbations dont on ne voit pas de traces. Elle ne semble se manifester que sur la partie placée hors de l'action du noyau et réduite à un état extrême de division et de ténuité, sans qu'elle cesse pour cela de graviter vers le Soleil. C'est un état analogue à celui produit par un choc de courte durée, et son action est comparable à celle d'une force explosive plutôt qu'à une vraie répulsion permanente; ce qui le prouve, c'est la réagglomération de la plus grande partie de la matière cométaire, qui a lieu plus tard autour du noyau à mesure qu'il s'éloigne du Soleil.» L'auteur cite alors les expériences de Faraday et de Bancalari sur les actions diamagnétiques et la force répulsive qui en résulte, dont j'ai parlé dans ma précédente Notice en janvier 1860, et il paraît disposé à admettre, comme l'ont déjà fait MM. de la Rive, Wartmann et d'autres savants, qu'il se passe quelque chose d'analogue dans le cas des comètes. « Ce genre de forces, dit-il, agit à distance, et il est très-probable qu'il s'en développe de telles dans les comètes, soit par le grand réchauffement qu'elles éprouvent en se rapprochant du Soleil et les dilatations et raréfactions qui en résultent, soit par le magnétisme dont le Soleil semble doué, soit, enfin, par quelque opération électrique qui a lieu dans le noyau lui-même.» Il cite, à ce sujet, les belles expériences par lesquelles M. Gassiot a fait voir que l'électricité ne passe pas dans un vide parfait, produit par l'absorption de l'acide carbonique par la potasse, mais qu'il suffit d'un très-léger réchauffement pour une émission de matière, qui donne issue à l'électricité et produit dans tout le tube une très-vive lumière. « Si de telles forces, ajoute-t-il, se manifestent peu sur les planètes, cela peut tenir: 1° à la gran-

deur de leurs masses, qui maintient la cohésion de leurs parties; 2° à ce que leurs orbites sont peu excentriques, ce qui rend les planètes moins sujettes à des ruptures d'équilibre que les comètes; 3° à ce que ces forces sont essentiellement polaires et agissent par antagonisme, ce qui fait qu'elles ne peuvent déplacer le centre de gravité du système des molécules. C'est pour cette raison que Bessel a eu recours sur ce sujet à des forces polaires, n'ayant pas observé que le développement de la queue des comètes produise par sa réaction un déplacement du centre de gravité du noyau. . . . .

Travaux divers sur la même comète.

Après avoir analysé rapidement l'intéressant mémoire du P. Secchi sur la grande comète de l'année dernière, je dois dire quelques mots sur d'autres travaux relatifs à ce même astre et déjà publiés.

Cette comète a été observée dans l'hémisphère austral un peu avant l'époque de son passage au périhélie. D'après une note insérée dans le n° 9 des *M. N.*, t. 21, p. 254, un jeune fermier australien, amateur d'astronomie, M. Tebbutt, l'a découverte dès le 13 mai, et des observations régulières de ses positions ont été faites par M. W. Scott à l'observatoire de Sydney, dans la Nouvelle Galles du sud, depuis le 26 mai, époque à laquelle cette comète est devenue visible à l'œil nu après le coucher du Soleil. Le 21 juin sa queue avait 18° d'après M. Scott. Elle a été suivie, depuis le 4 juin, par M. White à l'observatoire de Williamstown, terre Victoria; il rapporte que le 12 le noyau paraissait déjà en forme d'éventail. La comète a été observée aussi, depuis le 10 juin, à San-Jago au Chili par M. Moesta, et depuis le 11 à Rio-Janeiro

au Brésil par M. Liais. Son noyau brillait alors, d'après ce dernier, comme une étoile de 2e à 3e grandeur et sa queue avait déjà plus de 40 degrés de longueur, le diamètre du noyau était de 21″,5.

Une fois que la comète est devenue visible en Europe, on comprend qu'elle y a été généralement observée. M. le professeur Plantamour a publié dans les nos 1316 et 1324 des *A. N.* les observations qu'il en a faites à Genève en juillet et août ; il les a poursuivies jusqu'au commencement de novembre et il a été l'un des premiers à calculer de bons éléments de son orbite parabolique, d'après trois jours consécutifs d'observations du 1er au 3 juillet. Parmi un grand nombre d'autres séries d'observations déjà publiées, je citerai 1o celles de M. Trettenero, astronome à Padoue, qui ont paru dans le no 1326 des *A. N.*; 2o celles faites chaque nuit, du 30 juin au 21 août, par M. Jules Schmidt à l'observatoire d'Athènes, dont il est le directeur actuel, publiées dans le no 1330 du même journal ; 3o les observations faites à Oxford par M. Main et son adjoint M. Quirling, du 30 juin au 17 septembre, qui ont paru tout récemment dans le no 2 du t. 22 des *M. N.*; 4o la belle série d'observations faites par M. Le Verrier et ses adjoints à l'observatoire de Paris, du 30 juin au 24 novembre, publiée par lui dans le *Compte Rendu* du 9 décembre 1861.

L'ensemble de ces observations de positions comprenant une période d'environ 6 mois, permettra probablement de calculer des éléments assez exacts de l'orbite de cette comète. On a déjà essayé avec succès la détermination d'orbites elliptiques, mais on est arrivé dans ces premiers essais à des durées de révolution très-diverses. Ainsi M. Seeling, dans un mémoire inséré au no 1324 des

A. N., est arrivé à une orbite elliptique dont la période serait de 1568 ans. M. Auwers, astronome à Kœnigsberg, en a calculé, en tenant compte des premières observations de MM. Moesta et Liais, une dont la période serait de 601 ans (*A. N.* n° 1325). M. Trettenero en a trouvé une (*A. N.* n° 1326) dont la période ne serait que d'environ 181 ans, et il a remarqué, ainsi que M. Liais, que plusieurs des éléments de cette comète se rapprochaient de ceux d'une autre observée en 1684, en sorte qu'il ne serait pas impossible que ce fût un seul et même astre. Cependant, comme l'inclinaison du plan de l'orbite sur l'écliptique de la comète de 1684 n'était que d'environ 66°, suivant les éléments calculés par Halley d'après une vingtaine de jours d'observations de Bianchini, tandis que l'inclinaison du plan de l'orbite de la comète de 1861 est d'environ $85°\frac{1}{2}$, l'identité semble peu probable.

M. Jules Schmidt, que je viens de citer plus haut, a publié dans les nos 1320 et 1334 des *A. N.* le résultat de quelques mesures qu'il a effectuées, soit sur cette comète, soit sur la grande de 1858, tendant à donner une idée de la vitesse d'éruption de la matière lumineuse en sortant du noyau, et des fluctuations qui ont lieu dans les dimensions de la queue.

Il a mesuré micrométriquement à Vienne, le 4 octobre 1858, pendant quelques heures de suite, les valeurs angulaires successives des rayons de deux demi-cercles lumineux, qui entouraient cette nuit-là le noyau de la comète de Donati, du côté opposé à la queue, et il a constaté ainsi que l'accroissement progressif de ces rayons correspondait, pour le demi-cercle intérieur, à une vitesse de projection de 321 toises françaises, de 6 pieds, par seconde. Le 3 octobre, cette même vitesse était d'environ 271 toises.

Quant à la comète de 1861, il a mesuré avec un micromètre annulaire, pendant cinq à six heures de suite, dans la nuit du 1er juillet, le très-rapide développement de deux brillants rayons lumineux, émanant du noyau et dirigés l'un vers la queue et l'autre vers le Soleil. Il a trouvé la vitesse d'émission de 252 toises par seconde pour le premier et de 167 toises pour le second.

M. Schmidt a mesuré aussi, pendant la longue apparition de cette dernière comète, la longueur de sa queue et du rayon de son sommet. Il en a estimé la longueur de 120° le 30 juin, et de 110° le 2 juillet ; elle a dès lors décru rapidement, en apparence du moins, et elle n'était plus que de 33° le 12 juillet. Le rayon du sommet de la queue (*Scheitelradius*), ou la distance angulaire de ce sommet au noyau de la comète, a été évalué par lui de 30 à 35 minutes de degré, le 30 juin, de 20′ le 1er juillet, et de 13′ le 12 du même mois. Mais ce qu'il y a de singulier et de nouveau dans ces observations, c'est qu'ayant réduit toutes les valeurs angulaires de ce rayon du sommet, obtenues du 30 juin au 7 octobre, à ce qu'elles auraient été à la distance moyenne de la Terre au Soleil, il a trouvé une sorte de période dans ces valeurs, de telle manière que dans un intervalle de 23 à 26 jours, ou en moyenne de 24 jours $^8/_{10}$, ce rayon du sommet de la queue a passé d'un maximum ou d'un minimum, à un autre maximum ou minimum consécutif. La valeur moyenne a été de 5′,7 et elle correspond à 40,2 rayons du globe terrestre ; les variations de part et d'autre de cette valeur vont de —2′,8 à +2′,5, le maximum moyen étant de 7′,5 et le minimum de 4′,8. Mais l'amplitude de cette oscillation a diminué graduellement, et la différence entre un maximum et le minimum consécutif, qui était

de 4',2 du 24 juillet au 3 août, n'était plus que de 1',3 du 24 septembre au 4 octobre.

Retour actuel de la comète d'Encke.

La petite, mais remarquable comète de ce nom, dont la période est de 1210 jours, ou d'environ trois ans et un tiers, effectue en ce moment la 17e de ses apparitions constatées par l'observation. M. Encke a publié à l'avance, comme il le fait depuis longtemps, une éphéméride de ses positions apparentes sur la sphère céleste, qui a été insérée, soit dans les nos 1326 et 1341 des *A. N.*, soit dans le no 9 du t. 21 des *M. N.* Cette éphéméride a été calculée par M. Powalky, pour l'intervalle compris entre le 3 octobre 1861 et le 16 avril 1862, d'après des éléments elliptiques obtenus en tenant compte des perturbations produites par la planète Jupiter, ainsi que de la petite accélération du moyen mouvement constatée par M. Encke. Elle a été envoyée par M. Airy à MM. Maclear et Pogson, directeurs actuels des observatoires du Cap de Bonne Espérance et de Madras, afin de leur permettre de suivre cet astre dans l'hémisphère austral après le 6 février, époque de son passage au périhélie, tandis que les astronomes d'Europe l'auront observé dans l'hémisphère boréal avant ce même passage. M. Encke regarde cette circonstance comme donnant un intérêt particulier à cette apparition, qui aura, d'ailleurs, assez de rapport avec celle des années 1828 et 1829.

D'après une communication de M. le Dr W. Förster, insérée dans le no 1335 des *A. N.*, cette comète a été déjà entrevue à Berlin dès le 4 octobre, avec une lunette d'une grande force optique, en y appliquant un faible grossissement. Mais ce n'est que depuis le 2 novembre

qu'on a pu la voir distinctement, et depuis le 4 qu'on a déterminé sa position ; cette position s'est entièrement accordée ce jour-là avec celle de l'éphéméride pour l'ascension droite, et n'en a différé que de 2',3 pour la déclinaison. La comète a été observée depuis le 21 novembre à Athènes par M. Schmidt, et depuis le 26 à Rome par le P. Secchi. M. Valz l'a retrouvée à Marseille dès le 25, mais M. Tempel n'a pu déterminer ses positions qu'à partir du 1er décembre, dans le nouvel observatoire de M. Valz, situé tout près de Marseille, dans sa maison de campagne de la *Belle de Mai*.

Ce sera le 31 janvier 1862 que la comète se sera trouvé le plus rapprochée de la Terre, et elle en sera distante encore d'environ 22 millions de lieues de 25 au degré. Sa plus courte distance au Soleil, le 6 février, sera d'environ 12 millions de lieues.

Travaux divers sur la théorie des mouvements et de la figure des comètes.

M. le Dr Seeling a publié en août 1861, dans les nos 1318 et 1319 des *A. N.*, un mémoire sur la comète à laquelle on a donné le nom de M. Winnecke, parce que c'est cet astronome, actuellement à l'observatoire de Poulkova, qui l'a découverte à Bonn le 8 mars 1858, et qui a constaté qu'elle était à courte période et identique avec la 3e comète de 1819. M. Seeling, en cherchant à tirer parti de toutes les observations de cette comète faites en 1858, soit en Europe, soit en Amérique, et en tenant compte de l'effet des perturbations des planètes, est arrivé à un système d'éléments elliptiques qui représente bien l'ensemble de ces observations, et qui correspond à une durée de révolution de 2031 jours, ou d'environ

cinq ans et demi. Ainsi, cette petite comète ayant passé à son périhélie le 1er mai 1858, se rapprochera de nouveau du Soleil dans l'automne de 1863. Son mouvement est direct, comme celui de toutes les comètes à courte période, l'excentricité de son orbite est de 0,755 du demi-grand axe, et l'inclinaison de son plan sur celui de l'écliptique est d'environ 10°48′.

M. Searle a publié dans le journal astronomique américain de M. Gould (t. 5, p. 188), des éléments elliptiques de la grande comète de 1858, d'après lesquels sa révolution s'effectuerait en 2338 ans. Cette comète s'éloignerait alors du Soleil 50 fois plus que la planète Neptune et 176 fois plus que la Terre. Le P. Secchi, en citant ces chiffres (p. 18 de son discours sur la comète de 1861 mentionné plus haut), observe que l'étoile fixe la plus voisine de notre Soleil, en est encore à une distance 1175 fois plus grande que celle de la comète de 1858 à son aphélie, et qu'une comète qui arriverait à la limite de l'attraction entre le Soleil et cette étoile emploierait cent millions d'années à faire sa révolution.

M. George Bond, directeur actuel, depuis la mort de son père, de l'observatoire du collége de Harvard, à Cambridge près de Boston en Amérique, a publié de nombreuses observations et de belles figures de la même comète, dite de Donati. Le n° 1339 des *A. N.* renferme un petit mémoire de lui, accompagné d'une planche, dans lequel il annonce que l'examen qu'il a fait de toutes les descriptions et des dessins relatifs à la figure de la tête de cette comète, lui a prouvé que la courbe qui se rapproche le plus de cette figure n'est pas une parabole, mais plutôt une caténaire ou *chaînette*, c'est-à-dire la courbe, bien connue en mécanique, que prend une chaîne pesante suspendue par ses deux extrémités.

Je passe, maintenant, à des recherches dans lesquelles on s'est proposé de rendre raison mathématiquement, à l'aide de quelque hypothèse, des phénomènes que présentent les comètes.

M. le baron Plana, dont on connaît les immenses travaux analytiques sur la théorie de la Lune, a publié en 1861, dans la 2e série du t. 21 du Recueil de l'Académie royale des sciences de Turin, un mémoire de 25 pages in-4° : *Sur l'intégration des équations différentielles relatives au mouvement des comètes, établies suivant l'hypothèse de la force répulsive définie par M. Faye, et suivant l'hypothèse d'un milieu résistant dans l'espace.*

M. Plana commence par adopter l'hypothèse de la force répulsive telle que l'envisage M. Faye, c'est-à-dire d'une force émanant de la surface incandescente du Soleil, décroissant comme l'attraction en raison inverse du carré des distances, agissant en sens opposé, mais avec une vitesse de propagation finie, ce qui lui donne une direction inclinée relativement au rayon vecteur de la comète. Appliquant à ce cas les formules de la théorie de la variation des constantes arbitraires, en ne considérant que les termes non périodiques, et adoptant les valeurs de l'accélération du moyen mouvement résultant de l'observation, il obtient finalement pour la diminution proportionnelle au temps de l'excentricité, qui résulte de la force répulsive, une valeur numérique presque identique à celle déterminée par l'observation pour la comète d'Encke, mais qui, pour la comète de Faye, est notablement plus petite que celle déterminée par M. Mœller dans le mémoire dont j'ai parlé ci-dessus.

M. Plana considère ensuite les effets, sur le mouvement du centre de gravité des masses cométaires, d'un milieu

résistant qu'on supposerait exister autour du Soleil ; ce milieu n'est point l'éther impondérable et universel qui propage la lumière, mais ce serait comme une espèce d'atmosphère immobile, qui entourerait le Soleil sans être en contact immédiat avec sa surface, en vertu d'une cause soit électrique, soit magnétique, que l'auteur ne saurait définir. Il admet que la densité de ce milieu décroîtrait en raison inverse du carré de la distance au centre du Soleil, et envisage la résistance comme proportionnelle au carré de la vitesse du mobile, cette action ayant lieu en sens contraire du mouvement de ce mobile, suivant la tangente à la courbe décrite par son centre de gravité. Il fait usage, pour cette application, de formules qu'il avait déjà publiées en 1825, dans le t. 13 de la *Correspondance astronomique française* du baron de Zach, et il arrive ainsi, pour les deux comètes dont il s'agit, à des valeurs de la variation de l'excentricité qui s'approchent beaucoup de celles résultant de l'observation.

L'auteur applique aussi ses formules à la comète de Halley, en supposant que la valeur du coefficient de la résistance du milieu fut le même que pour la comète d'Encke, et il trouve que l'accélération qui aurait dû en résulter pour la période comprise entre 1759 et 1835 serait de moins d'un jour. Il en conclut qu'on peut regarder comme insensible, pour le centre de gravité de cette comète, l'effet de la force tangentielle pendant cette dernière révolution, quoique cet astre ait présenté, d'ailleurs, des apparences physiques qui manifestaient une action répulsive assez évidente.

M. le professeur Axel Mœller a aussi publié en juin et juillet 1861, dans les n°s 1314 et 1317 des *A. N.*, de

nouvelles recherches analytiques sur les hypothèses qui peuvent servir à expliquer la petite accélération reconnue dans les périodes de révolution des comètes d'Encke et de Faye. Il examine d'abord l'hypothèse de M. Encke d'un milieu élastique résistant existant autour du Soleil, hypothèse qui a permis à cet astronome de rendre si exactement raison des mouvements de la comète qui porte son nom. Il considère, en second lieu, celle de la force répulsive exercée par le Soleil selon les idées de M. Faye. Il s'occupe, enfin, d'une hypothèse relative à la densité de l'éther due à M. Benjamin Valz, et par laquelle il a fort bien rendu raison, en 1830, des variations du diamètre de la comète d'Encke observées dans son apparition en 1828 et 1829[1]. Ne pouvant entrer ici dans le détail de la manière de procéder de M. Mœller, je me bornerai à dire qu'à la suite de calculs considérables, il arrive aux résultats suivants pour la variation de l'angle dont le sinus représente l'excentricité de l'orbite de la comète de Faye, variation dont l'observation a donné pour valeur à M. Mœller .... —34″,57 :

Il la trouve par l'hypothèse de M. Faye de	—24,72.
» de M. Encke de	—29,52.
» de M. Valz de	—32,56.

M. Mœller conclut de là qu'il est très-vraisemblable que le Soleil est entouré d'un milieu élastique résistant.

J'en viens, maintenant, aux récentes publications sur le même sujet de M. Faye lui-même, après avoir déjà, dans ma précédente Notice, exposé assez en détail ses premières recherches. Depuis cette époque, M. Faye a fait

[1] Voyez l'*Essai sur les densités de l'éther* de M. Valz, publié dans le cahier de juin 1830 de la *Bibliothèque universelle* de Genève, et reproduit dans le n° 185 des *A. N.*

d'abord, en 1860, diverses expériences de physique, en confirmation de sa théorie de la répulsion solaire, pour prouver qu'une surface incandescente, chauffée au rouge, fait éprouver une répulsion à un courant électrique lumineux, produit par une machine de Ruhmkorff, dans le vide d'une machine pneumatique. Je dois renvoyer, pour les détails de ces expériences, aux *Comptes rendus* des séances de l'Académie des sciences de Paris où on les trouvera (t. L, pp. 894 et 959; t. LI, pp. 37 et 373).

Je me bornerai aussi à citer un petit mémoire du même auteur *sur l'hypothèse du milieu résistant*, inséré dans le *Compte rendu* du 9 janvier 1860, où M. Faye expose les idées de Newton sur ce sujet, et cherche à prouver que les hypothèses analogues à celles de Newton n'ont point de réalité physique.

On conçoit facilement que le travail de M. Mœller sur la comète à courte période découverte par M. Faye en 1843, ait dû intéresser particulièrement ce dernier savant. Aussi en a-t-il donné un compte détaillé à l'Académie des sciences de Paris le 4 mars 1861, en admettant complétement les résultats des recherches de M. Mœller, et les considérant comme une nouvelle preuve à l'appui de sa théorie de la répulsion solaire. « Bien que l'orbite de cet astre remarquable, dit-il, soit située tout entière au delà de l'orbite de Mars et dépasse très-peu celle de Jupiter (son excentricité n'étant que de 0,555 du demi-grand axe), l'apparition de 1843 nous avait déjà montré que la force répulsive du Soleil s'exerce à ces grandes distances, car à son périhélie la comète présentait en 1843 une queue fort brillante, étalée en éventail dont les rayons extrêmes formaient un angle considérable, et cette figure se rapportait parfaitement à la théorie des atmo-

sphères cométaires à laquelle M. Roche est parvenu, en introduisant dans ses anciens travaux la force solaire répulsive. »

M. Faye paraît même disposé à admettre, à la fin de son article inséré dans le *Compte rendu* du 4 mars (tome LII, p. 374), la possibilité que cette force puisse rendre raison d'une partie de l'accélération séculaire de la Lune. « D'une part, en effet, dit-il, les plus anciennes éclipses, comparées aux observations modernes, ont toujours donné de 12 à 13″ d'accélération séculaire; d'autre part, on sait par les travaux de MM. Adams et Delaunay, contredits d'abord, mais pleinement confirmés ensuite, après un examen approfondi, par un des hommes les plus compétents en cette matière, notre illustre associé M. Plana, que la théorie actuelle de l'attraction ne rend compte que de la moitié de cette accélération[1]. Tout porte donc à attribuer l'autre moitié à une cause physique différente de l'attraction newtonienne. Or l'accélération séculaire de la comète d'Encke est de 54350″. Si l'on transportait cette comète dans l'orbite de la Lune, cette accélération s'élèverait à 980000″, et j'ai fait voir (*Comptes rendus* t. L, p. 710) que, pour la réduire à quelques secondes, c'est-à-dire à celle de la Lune elle-même, il suffirait d'augmenter la densité du noyau cométaire dans le rapport que toutes les évaluations permettent d'établir entre la densité des comètes et la densité bien connue de la Lune. Ainsi la force répulsive paraît bien être le lien commun, qui rattache aux faits les plus connus de la répulsion physique les phénomènes célestes si grandioses de la fi-

[1] Voyez, pour plus de détails sur ce sujet, un article inséré dans le numéro de juillet 1859 de nos *Archives*.

gure des comètes, de l'accélération de leurs mouvements et de celle des satellites de notre système solaire. »

M. Faye ajoute encore que, quelle que soit l'opinion qu'on se forme de la cause qui altère dans le ciel les effets de l'attraction newtonienne, on ne saurait contester la haute importance du fait résultant du travail de M. Mœller, fait dont la possibilité avait déjà été signalée par M. Encke, et que la réapparition de la même comète en 1865 viendra confirmer très-probablement. En terminant son article, M. Faye suggère généreusement l'idée qu'on donne désormais à la comète de 7 ans $^1/_2$ le nom de M. Mœller, au même titre que celle de 3 ans $^1/_3$ porte celui de M. Encke.

Je dois dire, enfin, quelques mots sur un dernier mémoire de M. Faye *Sur la figure de la grande comète de 1861*, dont les quatre parties ont paru successivement dans les *Comptes rendus* du 25 novembre et du 9 décembre 1861, du 13 et du 20 janvier 1862. L'auteur y montre d'abord, contrairement à une opinion de M. Valz, énoncée à l'époque où la figure de cette comète n'était pas encore suffisamment connue, que les axes de ses deux queues étaient bien situés dans le plan de l'orbite de la comète, conformément à la théorie, et que ces queues devaient paraître projetées l'une sur l'autre au moment où la Terre a traversé le plan de l'orbite de la comète. Il parle ensuite de la théorie de Bessel, et admet, avec Olbers et avec lui, que le noyau de la comète est doué d'une double faculté d'émission en deux sens opposés, et qu'une action solaire quelconque intervient dans le phénomène, afin de forcer l'émission antérieure, dirigée vers le Soleil, à rebrousser chemin et à aller s'unir à l'émission postérieure pour former la queue. Mais M. Faye combat l'idée

de Bessel que le voisinage du Soleil développe dans le corps de la comète un état électrique ou magnétique très-intense, et l'espace me manque pour le suivre dans les développements où il entre à ce sujet. Il persiste à croire que la figure des comètes est le résultat de l'action purement mécanique de deux forces : savoir l'attraction newtonienne et la répulsion née de la chaleur, l'attraction étant exercée par les masses du soleil et de la comète, et la répulsion à distance par la surface incandescente du Soleil. La chaleur propre de la comète, ou plutôt celle qu'elle reçoit du Soleil en tombant vers lui, produit aussi une expansion qui donne prise à la répulsion solaire, en dilatant de plus en plus la matière du noyau et la réduisant à un état d'extrême rareté.

M. Faye compare ensuite la figure théorique avec les apparences, telles qu'elles ont été décrites pour la grande comète de 1861 par MM. Secchi, de Littrow, Bond, Schmidt et Ellery. Il appelle émission *cyathiforme* l'émission nucléale antérieure, en forme de calice à fond conique et à bords recourbés en arrière; il l'assimile à une nappe conique de gaz d'éclairage enflammé, qu'on renverserait, et qui, par l'effet de la légèreté spécifique du gaz, s'infléchirait alors et remonterait verticalement. Quant à l'émission conoïdale postérieure, à intérieur obscur, elle se prolonge très-loin dans la queue, dont elle suit à peu près la courbure générale; elle s'élargit de plus en plus et sépare quelquefois la perspective en deux rameaux distincts. D'autres fois le canal obscur, produit à l'origine par le noyau formant une sorte d'écran sur lequel la force répulsive s'épuise, est envahi promptement par les particules de densité et de vitesse diverses qui forment la queue.

L'examen détaillé, dans lequel entre l'auteur, des séries d'observations de l'angle de position de l'axe de l'émission antérieure de la comète de Donati, faites à Altona, Dorpat et Poulkova, ne confirme pas le fait admis par Bessel, pour la comète de Halley, d'une oscillation régulière de cet axe à des intervalles égaux, de part et d'autre du rayon vecteur, à la manière d'une aiguille aimantée. L'émission antérieure n'affecte pas, cependant, une direction constante, et diffère sous ce rapport de l'émission postérieure. Cette dernière, dans le cas de la comète de Donati, a eu pendant un mois une déviation de près de 7 degrés relativement au rayon vecteur, en arrière du mouvement de l'astre et dans le plan de l'orbite ; la déviation a été de 10 degrés pour la comète de 1861, d'après les observations du Père Secchi. Les déviations de l'émission antérieure sont plus considérables, variables, mais situées ordinairement en avant du rayon vecteur.

Les enveloppes qui forment la tête de la comète du côté du Soleil, proviennent de l'émission cyathiforme, dont elles envahissent parfois le calice. Leur formation présente des caractères d'intermittence, ainsi que l'émission elle-même. Elles présentent aussi des déviations, dues en grande partie à une simple différence de marche avec le noyau. La matière y est étagée d'après l'ordre des densités croissantes vers le Soleil, les plus denses allant se ranger dans les enveloppes les plus éloignées du noyau. La figure extérieure de la tête n'est pas un paraboloïde.

Les queues sont en grande partie alimentées par ces enveloppes; les queues droites proviennent des enveloppes les plus voisines du noyau, ou directement de l'émission nucléale elle-même. Les queues recourbées, si-

tuées comme les premières dans l'angle postérieur formé par le rayon vecteur et la tangente à l'orbite, en arrière du mouvement de la comète, proviennent d'enveloppes plus distantes. Les queues dirigées vers le Soleil, dans l'angle antérieur opposé au premier, proviennent d'une enveloppe encore plus éloignée du noyau.

Le résultat final de ce mémoire de M. Faye est, d'après ses propres paroles, que « la discussion des phénomènes de la figure des comètes conduit, relativement à la nature de la force répulsive du Soleil, aux mêmes conclusions que l'accélération des comètes périodiques ; et que ces conclusions sont confirmées par les recherches physiques, basées sur l'emploi de l'étincelle d'induction, pour rendre visible la répulsion à distance qu'une surface incandescente exerce sur l'air raréfié. »

S'il m'est permis de hasarder une observation au sujet de l'opinion émise par M. Faye sur l'origine probable de la force répulsive du Soleil, je dirai que le grand rôle qu'il y fait jouer à la chaleur solaire me paraît difficile à admettre, quand il s'agit de la comète qui porte son nom, dont la distance périhélie est de plus de 58 millions de lieues, dont la densité est extrêmement faible, et qui circule dans des espaces aussi froids que le sont les espaces célestes. Il me semble aussi, qu'en combattant les idées de Bessel d'une influence magnétique exercée par le Soleil, M. Faye n'a pas tenu assez de compte, ni de la connexion, bien constatée maintenant, qui existe entre la période des taches du Soleil et celle des variations magnétiques terrestres ; ni des phénomènes diamagnétiques, inconnus du temps de Bessel, et qui présentent des analogies assez frappantes avec les apparences qu'offrent les comètes. Il va sans dire que cette différence d'apprécia-

tion sur ce point ne diminue en rien, à mes yeux, le mérite des travaux persévérants et des idées ingénieuses de M. Faye.

M. Le Verrier a annoncé à l'Académie des sciences de Paris, dans sa séance du 20 janvier dernier, que la grande comète de 1861 avait été observée à l'observatoire de Paris jusqu'au 28 décembre de cette même année.

Une nouvelle comète télescopique a été découverte, dans l'hémisphère boréal, le 8 janvier 1862 à l'observatoire de Poulkova, par M. le Dr Winnecke. Cet astronome a calculé, d'après ses observations des 8, 9 et 10 janvier, de premiers éléments approchés de l'orbite parabolique de cet astre, d'où résulte qu'il a déjà passé à son périhélie le 8 décembre 1861, en sorte que, selon l'usage actuel des astronomes, on le comptera comme étant la troisième comète de l'année 1861. Sa distance périhélie est, d'aprés ces éléments, de 0,854 de la distance moyenne de la Terre au Soleil, son mouvement est rétrograde et l'inclinaison de son orbite est d'environ 39 degrés. Ses éléments, insérés soit dans le n° 1345 des *A. N.*, soit dans le *Compte rendu* du 20 janvier, présentent quelque analogie avec ceux d'une comète observée en 1590 par Tycho-Brahe. Elle a paru à M. Winnecke comme une nébuleuse assez claire, de 3 à 4 minutes de degré de diamètre, sans noyau sensible, mais avec une forte condensation vers le milieu de la nébulosité.

Je dois terminer ici ce résumé, déjà trop long peut-être. Tout incomplet et imparfait qu'il est, en le joignant à ma notice précédente sur le même objet, il me semble propre à donner tout au moins une idée de l'état actuel des connaissances acquises récemment en ce qui concerne

les comètes. Le sujet est fort difficile, bien des points en sont encore vagues et obscurs, et il en restera probablement toujours un certain nombre de tels. Mais il y a déjà de grands progrès accomplis, et, comme on a pu le voir, l'ardeur ne manque pas chez les astronomes et les géomètres, pour faire de nouveaux pas dans cette intéressante carrière, indéfiniment ouverte par le Créateur à leurs observations et à leurs savantes recherches.

Genève, 3 février 1862.

P. S. M. Tuttle a découvert, dès le 29 décembre 1861, à l'observatoire de Cambridge en Amérique, la nouvelle comète télescopique mentionnée ci-dessus. Ce n'est pas le premier cas, où les observateurs du nouveau Monde ont devancé ceux de l'ancien, dans l'annonce de divers faits ou procédés astronomiques.

SUR

L'IMPOSSIBILITÉ D'APPLIQUER

LA NOUVELLE EXPRESSION DE DYAS

AU TERRAIN «PERMIEN»

COMME LE PROPOSE M. LE Dr GEINITZ

PAR

SIR R.-I. MURCHISON[1].

M. Marcou a proposé, en 1859, de substituer le mot Dyas au mot Permien, disant qu'il regardait le nouveau grès rouge, comprenant le Dyas et le Trias, comme une grande période géologique égale pour la durée et l'importance à l'époque paléozoïque ou à l'époque du Grauwacke (Silurien et Dévonien), à l'époque carbonifère (calcaire de montagne et houille), à l'époque mésozoïque (jurassique et crétacée), à l'époque tertiaire (éocène, mio-

[1] Nous avons publié, il y a trois ans, une notice de M. Marcou relative aux terrains triasiques et permiens, dans laquelle il combattait l'opinion de M. Murchison. Ce dernier savant, à son tour, vient de publier un travail dans lequel il maintient et justifie la classification qu'il avait proposée pour ces terrains en réfutant M. Marcou Il nous a paru intéressant de tenir nos lecteurs au courant de cette discussion et nous traduisons en entier le travail de M. Murchison, qui a paru dans *The geologist*, 1862, t. V, p. 4, sous le titre de : *On the inapplicability*, etc.

cène et pliocène) et aux dépôts récents (quaternaires et plus modernes)[1] ! !

L'auteur, qui n'a pas été en Russie, critique les travaux et les théories de MM. de Verneuil et de Keyserling et les miennes, et nous blâme d'avoir proposé le mot Permien pour des localités dans lesquelles il prétend que nous n'avons pas su distinguer beaucoup de roches rouges triasiques de celles de nos dépôts permiens ; je vais défendre en quelques mots l'opinion que j'ai été amené à soutenir anciennement par l'examen que j'ai fait des roches de l'âge permien dans plusieurs pays de l'Europe[2].

Il est évident que la proposition faite par M. Marcou, d'unir dans un groupe naturel ce qu'il appelle le Dyas avec le Trias, ne peut être admise pour le moment, puisqu'il n'y a aucun point sur lesquels les géologues et les paléontologistes s'accordent mieux que sur le fait que les séries composées du Roth-liegende, du Kupfer-Schiefer, du Zechstein, etc., forment la partie supérieure du groupe paléozoïque, lequel est tout à fait distinct dans tous ses fossiles animaux et végétaux du Trias qui le recouvre et qui constitue la véritable base des roches mézosoïques ou secondaires.

La confusion des vrais caractères paléontologiques dans le terme Dyas est si manifeste, qu'il n'en aurait sûrement plus été parlé si un savant distingué, M. le Dr Geinitz,

[1] Dyas et Trias, ou le nouveau grès rouge en Europe, dans l'Amérique du Nord et dans l'Inde, par J. Marcou. *Archives*, 1859, t. V, p. 5 et 116.

[2] Voyez *American journal of science et arts*, 2de série, volume XXVIII, p. 256, le travail de M. Marcou ayant plus attiré l'attention en Amérique qu'en Angleterre.

de Dresde, n'avait récemment publié le premier volume de son bel ouvrage paléontologique en l'intitulant *Dyas, ou la formation du Zechstein et du Rothliegende*[1]. En empruntant le terme Dyas de Marcou, le Dr Geinitz montre cependant que cet auteur s'est complétement trompé en groupant les dépôts qu'il désigne ainsi avec le Trias ou les roches secondaires inférieures, et il s'accorde avec moi en rapportant ce groupe à l'âge paléozoïque.

Comme il n'y a aucun de mes jeunes contemporains dont j'apprécie plus la valeur scientifique et pour lequel j'aie plus d'affection que pour mon ami le Dr Geinitz, il m'est pénible de démontrer que le mot Dyas est inapplicable et mauvais, en prouvant l'utilité du terme Permien.

Le mot de Permien a été soumis à l'approbation des géologues il y a environ vingt ans. Il n'a pas égard aux divisions lithologiques et minéralogiques du groupe, car je savais fort bien que tel ordre de succession minérale qui se trouvait dans un pays n'était plus le même dans un autre. Lorsque j'explorais les vastes régions de la Russie d'Europe pendant les étés de 1840 et 1841, j'ai trouvé des coquilles fossiles de l'âge du zechstein de l'Allemagne et du calcaire magnésien de l'Angleterre dans plusieurs couches de calcaires intercalées dans une grande série formée de grès rouges, de marnes, de lits de cailloux, de mines de cuivre, de gypse, etc. Ce groupe de couches variées occupait un espace infiniment plus grand que ses équivalents en Allemagne et dans le reste de l'Europe, ce qui me donna l'idée de proposer à mes collaborateurs le mot de Permien pour le désigner, lorsque nous nous trouvâmes à Moscou en octobre 1841. Ce nom était

[1] Leipzig, 1861.

tiré de celui de la grande province ou gouvernement dans lequel nous avions trouvé ces dépôts, qui s'étendent encore au delà de ses limites.

Dans une lettre adressée au Dr Fischer, de Waldheim, naturaliste de Moscou, je lui proposais le mot de Permien[1] pour définir, par un terme géographique simple, un groupe minéral considérable pour lequel les géologues n'avaient jamais adopté de nom collectif[2], ni en Allemagne, ni ailleurs, quoiqu'il fût caractérisé par un type commun déduit des restes animaux et végétaux qui y sont contenus. Les subdivisions de ce groupe en Allemagne sont les suivantes, en allant de bas en haut : le Rothliegende, le Weissliegende, le Kupfer Schiefer et le Zechstein inférieur et supérieur, et en Angleterre le grès rouge inférieur et le calcaire magnésien avec les autres sables, marnes, etc., qui l'accompagnent et qui ont été fort bien décrits par M. Sedgwick[3].

Le nom de Permien, si convenable pour comprendre toutes ces différentes couches, fut promptement adopté et a été généralement employé depuis lors. M. Geinitz lui-même et son collaborateur, M. Gutbier, ont publié un ouvrage sous le nom de *Système permien en Saxe*[4]. M.

[1] Voyez le *Jahrbuch* de Léonhard pour 1842, p. 92, et *Philosophical Magazine*, vol. XIX, p. 418 : Esquisse de quelques résultats de l'examen géologique de la Russie.

[2] Il est vrai que le nom de Pénéen avait été proposé il y a longtemps par un géologue éminent, M. d'Omalius d'Halloy; mais ce mot, provenant du mot *stérile*, était tiré d'une masse isolée de conglomérat placée près de Malmédy, en Belgique, dans laquelle aucun débris organique n'avait été trouvé. Il est évident qu'on ne peut plus continuer à l'employer pour désigner un groupe riche en fossiles animaux et végétaux.

[3] *Trans. Geol. Soc. London.* Nouv série, vol. III, p. 37.

[4] Je veux faire remarquer ici que la grande *Damuda formation*

Naumann s'est aussi servi de ce terme en le rapportant à ce même groupe dans d'autres parties de la Saxe. M. Göppert a prouvé que la riche flore permienne caractérise le dépôt carbonifère supérieur auquel elle est particulière. En France, en Angleterre, en Amérique, l'on ne s'est servi depuis quinze ans d'aucun autre nom pour désigner ce groupe.

La principale raison donnée par M. Geinitz pour employer le terme Dyas, c'est que dans certaines parties de l'Allemagne, le groupe ne se divise qu'en deux parties principales : le Rothliegende au-dessous et le Zechstein au-dessus ; le dernier étant tout à fait séparé de tous les autres dépôts qui le recouvrent. Tout en ne doutant pas que cet arrangement ne convienne à certaines localités, j'affirme qu'il est tout à fait inapplicable à d'autres. Car dans d'autres pays que la Russie, les sables, cailloux, marnes, les dépôts de gypse, de calcaires et de cuivre ne forment qu'une seule grande série. En fait, les dépôts permiens sont variables. Ainsi, dans un district, ils constituent un *Monas*, dans un autre un *Dyas*, dans un troisième un *Tryas*, et dans un quatrième un *Tetras*[1].

De cette manière, plusieurs des coupes naturelles de l'Allemagne diffèrent essentiellement de celles de la Saxe et celles de la Silésie diffèrent encore plus entre elles par

du Bengale avec sa flore fossile et ses animaux, renfermant les Sauriens et Labyrinthodons décrits par le professeur Huxley, a été récemment rapportée (au moins provisoirement) au terrain permien par M. Oldham, directeur général du *Geological Survey* de l'Inde. M. Oldham cite la plante *Tæniopteris* des couches *permiennes de Geinitz et Gutbier en Saxe*, pour appuyer son opinion. V. *Memoirs of the Geological Survey of India*, vol. III, p. 204.

[1] Voyez *Siluria*, 2[de] édit., 1859, et *Russia in Europa and the Ural Montanis*, 1845.

leurs caractères minéralogiques, comme cela est expliqué dans *Siluria*, seconde édition, à la page 342 entre autres. Près de l'extrémité septentrionale de la Thuringe, par exemple, et plus spécialement dans les environs d'Eisenach, une masse énorme de Rothliegende, divisée elle-même en deux grandes parties parfaitement distinctes, est surmontée par le Zechstein ; elle est donc divisée en trois, tandis que le Zechstein se prolonge à l'est de la ville en passant peu à peu du calcaire nodulaire aux marnes sablonneuses vertes et rouges et aux ardoises qui forment le Bunter-Schiefer inférieur des géologues allemands. Le même ordre ascendant se retrouve autour de la région de mines de cuivre près de Reichelsdorf et dans plusieurs points sur les rives de la Fulda, entre Rotheburg et Altmorschen, où le Zechstein se présente comme une bande de calcaire au milieu d'escarpements de grès rouges, blancs et verts[1].

Tout en démontrant que, dans plusieurs parties de l'Allemagne et en Angleterre, le Zechstein est recouvert d'une manière non interrompue et à stratification concordante par un dépôt de roches rouges, je n'ai jamais proposé de sortir du Trias aucune partie du Bunter-Sandstein, la vraie base du groupe, parce qu'il avait des rapports avec

[1] En deux occasions (1853-54) M. le prof. Morris m'accompagna et traça avec moi les relations des couches entre elles ; plus tard, lorsque M. Rupert Jones (1857) fut mon compagnon de voyage, nous vîmes d'autres sections évidentes montrant la transition que j'ai décrite. Depuis lors, le professeur Ramsay étant à Eisenach, s'est convaincu lui-même de la vérité du fait que le Zechstein passe dans sa partie supérieure à un dépôt rouge qui le recouvre d'une manière conforme. Mes notes contiennent encore plusieurs autres preuves que je ne crois pas nécessaire de reproduire ici.

le Muschelkalk par ses fossiles. J'ai seulement classé comme permien une bande rouge très-mince (Bunter-Schiefer), dans plusieurs endroits de laquelle j'ai trouvé un passage provenant du Zechstein et dans laquelle aucune espèce de plantes ou de coquilles triasiques n'a jamais été trouvée.

Il y a longtemps que j'ai exprimé ma répugnance pour le mot de Trias, car de même que plusieurs géologues qui ont étudié des pays où ce groupe est très-répandu, je sais que dans un grand nombre de cas, les dépôts de cet âge ne peuvent pas se diviser en trois parties.

Dans l'Allemagne centrale où le Muschelkalk forme la partie moyenne du groupe avec le Keuper au-dessus et le Bunter-Sandstein au-dessous, le nom de Trias avait été bien employé par Alberti, qui l'a proposé le premier.

Mais en suivant ce même groupe à l'ouest, la division inférieure, même en Allemagne, se divise en deux branches qui sont indiquées sur les cartes géologiques de Ludwig et d'autres auteurs comme deux dépôts différents. Dans ces localités, le Trias d'Alberti est déjà devenu du *Tetras*. En Angleterre, il se sépare tout à fait de sa partie centrale ou calcaire, le Muschelkalk, et n'est donc plus du Trias ; mais il se compose de Bunter-Sandstein au-dessous et de Keuper au-dessus, c'est donc du Dyas. Cependant les géologues du *Survey* ont divisé ce groupe en quatre et même en cinq parties, comme cela se voit sur la carte n° 62, *Geographical*[1] *Survey*, de la Grande-Bretagne.

L'ordre de succession dans le groupe permien, du côté occidental de la chaîne pennine, soit de l'axe géographique de l'Angleterre, prouve l'impossibilité de lui ap-

[1] *Geological?*

pliquer le mot Dyas, car dans des grands espaces du Shropshire et du Staffordshire il forme une grande série rouge arénacée avec quelques traces de conglomérats calcaires. M. Binney a démontré qu'en le suivant au nord, on trouvait les fossiles du Zechstein dans les marnes rouges qui occupent toute la partie supérieure de la série rouge. Plus au nord encore, on trouve au-dessous de ces roches deux grandes masses composées d'abord de conglomérats et de brèches, et ensuite de grès rouge peu dur, qui a une épaisseur de deux mille pieds au moins. Ici le terrain permien pourrait être considéré comme du Trias. Le prof. Harkness estime, dans un mémoire auquel il travaille, que l'épaisseur de ces grès inférieurs et des conglomérats au nord-est de West-Ormside, dans le Cumberland, est de 4,000 à 5,000 pieds. Il démontre qu'ils sont surmontés par des schistes marneux avec empreintes de plantes, des grès rouges en couches très-minces, des schistes gris, du grès, du calcaire, ce dernier représentant le calcaire magnésien, recouvert par des argiles durcies rouges[1]. Dans tous ces divers cas, le Permien forme une série qui peut se diviser en trois parties et plus. Le même groupe en Ecosse se sépare de toutes ses parties calcaires, et devenant un grès rouge, d'une grande épaisseur, il est de nouveau un *Monas*.

J'ai donné cette longue explication parce que mon ami

[1] L'argile rouge ou argile durcie qui couvre le calcaire est surmontée, à Hilton, dans le Cumberland, par cinq cents pieds de grès rouge qui, d'après M. Harkness, appartiennent au Bunter-Sandstein du Trias, lors même qu'il est à stratification concordante avec les roches permiennes sousjacentes. Ici comme en Allemagne, le calcaire peut être recouvert par des roches rouges et le Bunter-Sandstein être intact malgré cela.

le Dr Geinitz, s'autorisant d'un dessin de mon ouvrage *Siluria,* qui prouve que dans certains pays où le Zechstein ou calcaire magnésien est subordonné à une série de grès qui l'enveloppe, le Permien de ma classification est aussi bien un groupe paléozoïque en trois parties que le Trias de l'Allemagne centrale est une triple formation de l'âge mésozoïque. Quoi qu'il en soit et lors même que la base que nous avons posée, mes collaborateurs et moi, dans l'ouvrage sur la Russie et les monts Oural, et que j'ai developpée depuis dans des mémoires lus à la Société géologique et dans mes deux éditions de *Siluria,* serait trouvée peu convenable, je soutiens qu'il y a des régions dans lesquelles le Zechstein n'est qu'une simple zone fossilifère, dans une grande série de grès à laquelle on ne peut pas logiquement donner une division par numéros. Même en ne faisant pas appel aux preuves naturelles qui abondent en Angleterre, en Russie et dans certaines parties de l'Allemagne, et en me bornant aux contrées où le Zechstein ou calcaire magnésien n'a pas de recouvrement rouge naturel, je demande si le mot Permien, dans le sens dans lequel il a été adopté à son origine, ne peut pas être employé pour tous les pays où se trouvent les plantes et les fossiles paléozoïques supérieurs. Ne peut-il pas en être ainsi, soit que les couches qui constituent le groupe, forment comme en Russie et en Silésie une grande série d'alternances de grès à empreintes de plantes et de marnes contenant des bandes de calcaires fossilifères, soit que le Zechstein seul le compose, comme dans d'autres pays (près de Saalfeld) ou dans d'autres contrées encore où le groupe est en trois et même en quatre parties? Sans m'embarrasser de savoir s'il y a ou n'y a pas des localités en Allemagne où le Zechstein se transforme en haut en

une roche rouge, qui ne fait pas vraiment partie du Bunter-Sandstein du Trias, je veux seulement examiner les environs de Dresde d'une part, et la Silésie inférieure de l'autre, pour démontrer que le terme de Dyas est inapplicable à ce groupe.

Le Dr Geinitz lui-même m'a dit que, près de la capitale de la Saxe, le Rothliegende est divisé en deux parties tout à fait dissemblables, lesquelles, si on les ajoute au calcaire qui est intercalé ou au vrai Zechstein qui se trouve dans d'autres endroits, constituent un Trias. M. Beyrich, dans sa carte de la Silésie inférieure[1], a divisé le Rothliegende en inférieur et supérieur, lesquels renferment chacun huit subdivisions.

En répétant que le mot Permien n'a pas été proposé avec l'idée de donner à ce groupe naturel un nombre définitif de parties composantes, mais simplement comme un terme convenable pour définir le groupe paléozoïque supérieur, je renvoie les géologues à ce que j'ai dit en 1841, lorsque ce nom fut mis en avant pour la première fois. En parlant de la structure de la Russie, je disais :

« Le système carbonifère est surmonté à l'est du Volga par une vaste série de couches de marnes, de schistes, de calcaires, de grès et de conglomérats auxquels je propose de donner le nom de système permien, parce que, lors même que cette série représente le nouveau grès rouge inférieur (Rothe-todte-liegende) et le calcaire magnésien ou Zechstein *comme un* TOUT, cependant il ne peut être classé exactement par la succession des couches ni par leur contenu avec les subdivisions de cet âge en Allemagne et en Angleterre[2]. »

[1] Voyez aussi *Siluria*, 2de édit., p. 343.
[2] *Phil. Mag.*, XIX, p. 419.

Après avoir parlé des gouvernements de la Russie, dans lesquels se trouvent les roches permiennes, j'ajoutais :

« Parmi les fossiles de ce système, quelques espèces non décrites de *Producti* semblent rapprocher le terrain permien de l'ère carbonifère ; d'autres coquilles ainsi que des poissons et des sauriens l'unissent plus intimement à la période du Zechstein, tandis que les plantes qui lui sont particulières paraissent constituer une flore d'un type intermédiaire entre l'époque du nouveau grès rouge ou Trias et le *Coal-measures.* » C'est ce qui fait que j'ai trouvé cette série digne d'être regardée comme un système[1].

Dans les années suivantes, j'ai examiné moi-même ce groupe en Allemagne et en Angleterre, et je me suis toujours plus convaincu que, vu les nombreuses différences locales de succession minérale du groupe, le mot Permien, qui pouvait s'appliquer à toutes les subdivisions minérales, quelque nombreuses qu'elles fussent, était le terme le plus clair et le meilleur à employer. De plus, il était en accord avec le principe qui avait fait adopter le terme silurien.

Sortant de la question de la substitution du nouveau terme de Dyas au nom plus ancien de Permien, je saisis cette occasion d'exprimer mon regret de voir quelques géologues allemands employer de nouveau le terme Grauwacke pour indiquer une formation ; c'est mettre en oubli les travaux de tant d'années pendant lesquelles on

[1] Dans ma dernière édition de *Siluria*, j'ai parlé du terrain permien comme étant le groupe paléozoïque supérieur, mais je ne l'ai pas jugé un système comparable aux vastes dépôts formés aux époques carbonifère, dévonienne ou silurienne.

a distingué et classé les différents groupes paléozoïques, qui étaient tous confondus, y compris les dépôts carbonifères inférieurs sous le terme lithologique de formation de Grauwacke.

Je respecte les travaux des géologues allemands qui se sont distingués en décrivant l'ordre des couches et les fossiles du groupe qui nous occupe, et je me borne à réclamer sur ce point, pour MM. de Verneuil, de Keyserling et moi, le fait d'avoir proposé, il y a vingt ans, le nom de Permien pour embrasser dans une série naturelle les sous-formations pour lesquelles aucun nom collectif n'avait été adopté. Indépendamment des motifs que j'ai allégués dans ce mémoire, et qui montrent que le mot Dyas n'est pas applicable, j'espère que, grâce aux règles de priorité qui guident les naturalistes, le mot Permien sera maintenu dans la classification géologique.

BULLETIN SCIENTIFIQUE.

PHYSIQUE.

PLUCKER. SUR LES ÉCLAIRS QUE L'AIMANT PROVOQUE DANS LA LUMIÈRE DIFFUSE DE LA DÉCHARGE ÉLECTRIQUE A TRAVERS DES GAZ RARÉFIÉS (*Ann. de Pogg.* nº 6. 1861.)

Les éclairs jaune d'or dans la lumière bleue de la vapeur du chloride stannique et ceux d'une autre couleur vive dans d'autres vapeurs raréfiées, telles que la vapeur du brôme, de l'iode, de l'acide sulfurique, etc., etc., que j'ai décrits précédemment, sont du nombre des plus beaux phénomènes de la décharge électrique. Dans ces derniers temps, M. Geissler a donné une forme appropriée aux tubes qui servent à ces expériences. Aux deux extrémités d'un tube de verre de 200 à 250^{mm} de longueur sur 20 à 25^{mm} de diamètre, sont soudés deux tubes capillaires qui pénètrent dans l'intérieur du grand tube de manière à être distants l'un de l'autre, au milieu, de 40 à 50^{mm}, et qui, à l'autre extrémité, sont munis de fils de platine fondus dans le verre. Lors de la décharge de l'appareil (le petit) de Ruhmkorff, le courant d'induction pénètre par l'un des tubes capillaires, sort de celui-ci pour s'étendre dans le tube large et se concentre de nouveau dans l'autre tube capillaire. Si l'on opère avec la vapeur du chloride stannique, la lumière est d'un beau jaune dans les tubes capillaires, et la lumière diffuse est bleue dans le tube large. Dans la position équatoriale l'aimant attire cette lumière bleue vers le bas ou la repousse vers le haut ; dans la position axiale elle la repousse horizontalement dans des directions opposées à partir des deux ouvertures, tandis que des éclairs jaune d'or partent

incessamment de ces ouvertures et que l'œil en aperçoit toujours plusieurs simultanés.

Dans bien des cas ces éclairs sont produits sans influence magnétique.

L'impression de ces phénomènes se présentait encore très-nette à mon esprit lorsque, le 28 septembre 1859, à 7 heures du soir (époque à laquelle régnait une perturbation électrique inaccoutumée dans l'atmosphère), j'observai, devant la fenêtre ouverte au sud-est, un orage accompagné de phénomènes extraordinaires qui durèrent plus d'une demi-heure pendant une forte pluie. Les éclairs ne présentaient pas les caractères ordinaires ; ils consistaient plutôt en puissants courants de lumière diffuse, se dirigeant à peu près du nord au sud et se succédant à de courts intervalles. Tantôt ces courants se présentaient seuls, tantôt ils étaient traversés par des éclairs d'un éclat remarquable qui décrivaient sur le ciel foncé un zigzag de plus de 60°. Souvent deux ou trois éclairs se produisaient dans le même flot lumineux. La couleur des éclairs n'offrait rien de particulier ; mais dans la plus forte décharge, qui donna lieu à trois grands éclairs sillonnant ce flot lumineux (phénomène dont les tubes de M. Geissler donnent une image exacte en miniature), celui de ces éclairs qui passa à la plus grande distance zénithale, présentait une *belle couleur verte*. [1]

[1] Pendant le même orage et tandis que je concentrais mon attention sur ces phénomènes, j'aperçus près de l'horizon un éclair remarquable d'une autre espèce. Il semblait que deux éclairs, venant dans des directions opposées, se rencontraient sur la même ligne horizontale, puis changeaient subitement de direction au point de rencontre, déviaient à angle droit, l'un vers le haut, l'autre vers le bas, et suivaient ces routes opposées et s'éteignaient peu à peu. Mais cet éclair n'était pas un éclair ordinaire, progressant d'une manière continue ; il parcourait sa route plus lentement, et cette dernière était sillonnée de places obscures, formant des interruptions entre les accumulations de lumière.

J'ai appris par M. Letsom, consul général britannique à Montévidéo, que ces éclairs discontinus sont fréquents en Amérique et qu'on les appelle des *éclairs en chaîne* (Kettenblitze).

Prof. Frankland. Note sur la raie bleue du spectre du lithium. (*Phil. Mag.* Décembre 1861.)

Dans une lettre adressée au professeur Tyndall, M. Frankland exprime son étonnement d'avoir obtenu une magnifique raie bleue dans le spectre du lithium ; il remarque que M. Tyndall a observé le même fait, et il se demande si cette raie vient bien du lithium ou si elle n'est point due à quelque particule de charbon ou à l'air fortement chauffé. Il a obtenu une raie semblable avec le chlorure de sodium; mais elle n'a point la netteté ni le brillant de celle du lithium. D'un autre côté, quand un fil de lithium brûle dans l'air, il émet une splendide lumière rose; mais si on le place dans l'oxygène, la lumière qu'il émet passe au bleu blanchâtre. Ce résultat semble indiquer qu'une température élevée est nécessaire pour obtenir le rayon bleu.

Des expériences ultérieures ont prouvé toujours plus à M. Frankland que l'apparition de la raie bleue dans le spectre du lithium tient à la température. Elle ne se montre pas dans la flamme ordinaire employée par Bunsen, mais si on remplace cette flamme par un jet d'hydrogène dont la température est plus élevée, elle apparaît et elle devient encore plus brillante quand on introduit avec le jet d'hydrogène un jet d'oxygène, qui augmente assez la température pour que le platine entre en fusion.

M. Tyndall a complétement confirmé les résultats obtenus par M. Frankland, après s'être assuré de la parfaite pureté du chlorure de lithium employé, et de l'impossibilité d'attribuer à la présence de substances étrangères l'apparition de la raie bleue. Il considère cet effet de la température comme extrêmement curieux et important, soit qu'il en résulte une altération dans la substance qui la rende susceptible d'émettre de nouveaux rayons, soit qu'on doive l'attribuer à une modification dans l'élasticité du milieu dans lequel s'accomplissent les vibrations lumineuses.

ZOOLOGIE, ANATOMIE ET PALÉONTOLOGIE.

JOH. E. LÜDERS. EINIGE BEMERKUNGEN, etc. QUELQUES REMARQUES SUR LES KYSTES ET LES ZOOSPORES DES DIATOMACÉES (*Mohl und Schlechtendahl's Botanische Zeitung*, 30 novembre 1860).

Dans sa *Synopsis of British Diatomaceæ*, M. W. Smith décrit sous le nom de kystes de diatomacées des groupes plus ou moins nombreux de diatomacées enfermées dans une vésicule transparente. Il cite en particulier des kystes de *Cocconema Cistula* découverts par lui dans un amas de diatomacées contenant des individus en copulation et des frustules sporangiaux de la même espèce. Il pense que les kystes sont formés par le développement des jeunes individus issus des frustules sporangiaux. MM. W. Smith, Hofmeister et de Bary ont aussi vu des kystes analogues renfermant des *Synedra radians*, mais le dernier de ces trois auteurs suppose que ces prétendus kystes sont des infusoires morts après s'être remplis de diatomées.

Madame Lüders a retrouvé en grande quantité les prétendus kystes de la *Synedra radians* : les uns incolores, les autres colorés par des granules rougeâtres. Chez tous le contenu des Synèdres était divisé en plusieurs fragments brunâtres. Ces Synèdres étaient donc en voie de périr. Mme Lüders a pu, du reste, s'assurer que les kystes ne sont nullement formés par les diatomées. Ce sont des Amœba qui les entourent, les enveloppent, sans doute pour s'en nourrir. Ces Amœba se divisent ensuite, développent des prolongements radiaires et s'éloignent à l'aide des mouvements si caractéristiques de ces animaux. Les Amœba emploient en général une ou deux heures pour envelopper un groupe de Synèdres. Elles s'approprient les parties les plus liquides de leur contenu. Le reste persiste sous forme de petites masses brunâtres dans l'intérieur des frustules.

Mme Lüders a observé des kystes analogues renfermant des Cocconema et des Gomphonema. Ils étaient comme les précé-

dents formés par des Amœba. Il paraît donc qu'il n'existe pas de kystes formés par les diatomacées elles-mêmes.

Dans l'intérieur d'un grand nombre de diatomées, Mme Lüders a observé le développement de très-petits infusoires, ressemblant parfois à s'y méprendre à des zoospores d'algues. Ce phénomène est surtout fréquent chez quelques espèces marines, comme la *Podosphenia Lyngbyi* et l'*Achnanthes longipes*. Il paraît qu'un ou parfois plusieurs de ces petits infusoires pénètrent dans une cellule de diatomacée et s'y multiplient par division spontanée. Le premier indice de leur présence est l'apparition, dans l'intérieur de la diatomée, d'une petite vésicule incolore, renfermant elle-même quelques petits corpuscules également incolores. A cette époque la diatomée est généralement déjà morte et son vaisseau primordial détaché de la paroi. La vésicule grossit par degrés. Les corpuscules qu'elle renferme se multiplient, s'animent, s'agitent avec vivacité et enfin percent la paroi de la vésicule. Ils quittent alors la diatomée et se répandent dans l'eau ambiante avec une rapidité qui rappelle le phénomène de l'émission des zoospores chez certains Chytridium. Vu la petitesse de ces êtres, Mme Lüders n'a pu découvrir chez eux aucune trace de flagellum. En revanche elle a reconnu qu'ils sont susceptibles de changer de forme, de passer par exemple d'une forme ovoïde à une forme bacillaire. Quelquefois au lieu de s'échapper, ils restent dans la diatomée parce que les moitiés siliceuses de la carapace refusent de se disjoindre. Ils se nourrissent dans ce cas du contenu qui leur communique sa couleur brune et leur apparence rappelle alors entièrement celle des zoospores d'Ectocarpe.

Mme Lüders vit une fois une nuée de ces petits infusoires quitter une cellule d'Achnanthes pour se précipiter dans un sporange de Melosira dont la membrane n'était pas encore solidifiée. Au bout de quelques heures ils avaient absorbé la plus grande partie du contenu de ce sporange.

Dans des diatomées d'eau douce comme le *Syncdra radians*, le *Melosira varians* et diverses espèces de *Gomphonema*, Mme Lüders

a observé un développement d'infusoires très-analogue. Elle suppose avec beaucoup de vraisemblance que ce phénomène a pu induire certains observateurs en erreur et les faire croire à l'existence de zoospores chez les diatomées. Pour ce qui la concerne elle n'a jamais réussi à observer de zoospores chez ces algues.

Dr EBRARD. NOUVELLE MONOGRAPHIE DES SANGSUES MÉDICINALES. Paris, 1857. Baillère et fils. 1 vol. 8°.

Le volume de M. Ebrard que nous avons sous les yeux est une monographie soignée des diverses espèces de sangsues utilisables dans un but médical. La première partie de cet ouvrage traite de l'histoire naturelle de ces hirudinées. Elle renferme une compilation très-complète des observations faites en France sur les mœurs et l'anatomie de ces animaux. Nous disons en France, car les nombreux travaux écrits sur ce sujet en Allemagne, en Angleterre, etc., lui sont restés inconnus. Cette lacune a entraîné certaines erreurs. C'est ainsi que l'auteur paraît ignorer l'homologie reconnue entre les organes qu'il appelle *anses mucipares* des sangsues et les organes en rosettes des Clepsines. Ces organes existent chez tous les Annélides et ont reçu de M. Williams le nom de *segmental organs*[1]. Dans toute la série des Annélides ces organes jouent le rôle d'appareil excréteur. Il n'est donc pas improbable que leur fonction soit la même chez les sangsues. M. Ebrard leur attribue cependant une fonction différente, celle de sécréter le liquide qui baigne les œufs dans le cocon. Cette opinion n'a rien d'invraisemblable, surtout en face de la forme anormale de l'organe segmental chez les sangsues, les Aulacostomes et les Hæmopis. Toutefois les observations de l'auteur sur ce point sont trop incomplètes pour que son opinion puisse être considérée comme légitimement fondée.

[1] M. Ebrard refuse ces organes à beaucoup d'hirudinées, telles que les Clepsines, les Néphélis, etc. Mais il est décidément dans l'erreur.

Malgré son ignorance de la bibliographique étrangère, M. Ebrard a réussi à faire un résumé assez complet de nos connaissances actuelles sur l'anatomie des hirudinées. L'histoire de leurs mœurs a été enrichie en outre par lui d'une foule d'observations très-nouvelles.

Pendant l'accouplement les sangsues se rapprochent, selon M. Moquin-Tandon, ventre contre ventre et en sens inverse. Chaque verge se trouverait alors en face d'une vulve, et l'accouplement serait réciproque. M. Ebrard a été sept fois témoin de l'accouplement, et sept fois il le vit avoir lieu en sens inverse de celui qu'indique M. Moquin-Tandon. Les sangsues étaient accolées vers les parties génitales, abdomen contre abdomen, mais leurs extrémités orales étaient placées du même côté; elles étaient fixées aux parois du bocal l'une à côté de l'autre et hors de l'eau. Dans une pareille position une fécondation réciproque ne peut avoir lieu simultanément. Cependant les deux sangsues pourraient se féconder successivement l'une l'autre. M. Ebrard pense qu'il n'en est point ainsi et il admet avec le docteur Gaspard qu'il n'y a jamais qu'une des sangsues fécondées dans chaque rapprochement. Jamais il n'a vu deux cocons être déposés dans la même nuit, lorsqu'il tenait un couple de sangsues renfermé dans le même vase.

Une sangsue peut déposer des cocons féconds huit ou neuf mois après la fécondation. Il arrive donc souvent qu'une sangsue se reproduit sans s'être accouplée dans l'année. Ce n'est point là un cas de parthénogénèse: la semence introduite par le coït de l'année précédente est la vraie cause de ce phénomène.

Les pêcheurs et la plupart des éleveurs croient que les sangsues se reproduisent deux fois par an. Cependant elles ne pondent en réalité, d'après M. Ebrard, qu'à une seule époque de l'année. Il y a bien deux apparitions de *germements* (jeunes individus dans la terminologie des hirudiniculteurs), l'une peu nombreuse à la fin d'août, aux mois de septembre et d'octobre, l'autre au printemps; mais ces germements proviennent tous de cocons ayant

été produits dans l'été ou l'automne. On admet généralement qu'une seule sangsue ne peut déposer qu'un seul cocon ; mais il est facile de se convaincre que ce nombre est beaucoup plus grand lorsque les sangsues ont un certain volume et ont été convenablement nourries. Ces cocons sont déposés à la surface de la terre ou des végétaux, dans les galeries souterraines creusées par les rats, ou bien dans des trous que les sangsues creusent elles-mêmes à travers les chaussées et les bords des étangs, jusqu'à huit ou dix centimètres de profondeur et à douze ou vingt centimètres au-dessus du niveau de l'eau. L'auteur décrit avec soin la manière dont les sangsues forment leurs cocons. Ce phénomène rappelle tout à fait la formation des capsules embryophores des oligochètes.

Une sangsue adulte et gorgée de sang exige dans la captivité près de dix-huit mois pour accomplir le travail de la digestion. Ce temps serait moins long, d'après M. Ebrard, surtout pour les individus jeunes à l'état de liberté. Les sangsues très-jeunes termineraient même la digestion du sang en six semaines ou deux mois.

Après avoir étudié le genre de vie des sangsues et recherché quels sont leurs principaux ennemis (tels que les porcs, les loutres, les rats, les oiseaux aquatiques, certains poissons et insectes carnassiers), M. Ebrard consacre un chapitre étendu à l'hirudiniculture. Cette industrie a pris des proportions étonnantes dans certaines parties de la France, en particulier dans les Landes et dans la Bresse. Un des principaux buts de l'ouvrage de M. Ebrard paraît être d'en favoriser le développement. L'auteur étudie les conditions de cette industrie lorsqu'elle se pratique dans des marais naturels ou dans des barrails (bassins artificiels). L'alimentation des sangsues est l'objet d'un chapitre intéressant. Les premiers hirudiniculteurs des Landes employaient pour nourrir leurs sangsues des chevaux, des ânes ou des mulets vieux, malades, bons seulement à être abattus, qu'ils payaient dix à vingt francs par tête. Ils les laissaient nuit et jour dans l'eau du marais,

exposés à toutes les intempéries, n'ayant pour nourriture que le peu d'herbage qu'ils trouvaient çà et là. Aussi tous succombaient rapidement sous l'influence d'un pareil régime. Ils périssaient souvent dès le premier jour de leur introduction dans les barrails. Aujourd'hui la concurrence ayant fait monter le prix des chevaux à cent francs et davantage, les hirudiniculteurs ont dû adopter une méthode moins dispendieuse et en même temps moins cruelle. Ils n'introduisent maintenant les mêmes chevaux dans les barrails que tous les cinq, dix ou quinze jours. Ils ne les y laissent qu'une partie de la journée et les font passer ensuite dans de bons pacages pour leur restituer les forces qu'ils ont perdues. Le sang perdu se régénère avec une grande rapidité, les mêmes chevaux peuvent être ainsi utilisés pendant des années entières. Sans doute cette méthode semble encore fort barbare. Elle l'est cependant peu lorsqu'on la compare aux mauvais traitements que les charretiers font journellement subir à leurs chevaux.

Nous ne pouvons entrer ici dans plus de détails sur l'hirudiniculture, nous passons également sous silence tout ce qui concerne le commerce des sangsues et sa législation, ainsi que l'emploi thérapeutique de ces animaux. Nous en avons assez dit pour montrer que l'ouvrage de M. Ebrard mérite de rencontrer de nombreux lecteurs.

A. Fick. Zur Physiologie, etc. Sur la physiologie du sens du toucher. (*Moleschott's Untersuchungen*, t. VII, p. 493-500.)

Par l'intermédaire de la peau, deux espèces d'impression parviennent à notre perception : les impressions tactiles et les impressions de chaleur. Personne n'a cependant jusqu'ici pu démontrer anatomiquement dans la peau deux natures d'organes sensitifs répondant à ces deux espèces d'impressions. M. Fick s'est donc demandé si les sensations tactiles sont bien essentiellement distinctes des sensations caloriques.

Pour répondre à cette question, M. Fick a eu recours à une série d'expériences faites en commun avec M. Arnold Wunderli. Ces expériences avaient pour but de déterminer si nous sommes en toutes circonstances susceptibles de distinguer les sensations tactiles des sensations de chaleur. A cet effet, la région soumise à l'expérience fut recouverte d'un mauvais conducteur percé d'un petit trou. Le diamètre de l'ouverture était variable suivant les cas. Pour les régions où le sens des lieux est très-imparfait, on lui donnait jusqu'à 5^{mm} de diamètre. L'impression tactile se produisait à l'aide d'un pinceau, d'une petite baguette de bois ; l'impression de chaleur était produite par l'approche d'un morceau de métal chauffé. Jamais l'action mécanique ou thermique ne fut poussée jusqu'au point de faire naître de la douleur. La personne en expérience, les yeux détournés, ne se trompa jamais sur la nature de l'agent d'irritation, tant qu'on opéra sur la face volaire de la main et des doigts ou sur la peau du visage. Pour la face dorsale de la main, il n'en fut plus ainsi : une personne se trompa quatre fois sur soixante, une autre deux fois sur quarante-cinq. L'erreur consistait toujours en ce que l'irritation thermique était prise pour l'irritation mécanique et jamais vice-versa. La surface volaire de l'avant-bras ne donna lieu à aucune méprise. Le coté des extenseurs donna au contraire lieu à 3 erreurs sur 48 expériences chez l'un des sujets, et à 1 sur 31 chez l'autre. Au dos, les méprises furent bien plus fréquentes. Pour la région voisine des vertèbres dorsales, l'un des sujets se trompa 8 fois sur 11 et l'autre 4 fois sur 19 ; pour la région correspondant aux apophyses épineuses des vertèbres lombaires, l'un se méprit 6 fois sur 29, l'autre 4 fois sur 7.

De ces expériences, M. Fick se croit en droit de conclure que toutes les fibres sensibles de la peau sont douées d'une seule et unique énergie spécifique à laquelle on peut conserver le nom de sentiment. Quelque vraisemblable que soit cette conclusion, la question nous semble encore obscure à plus d'un égard.

BOTANIQUE.

LE Dr DAUBENY. — SUR LA FACULTÉ ATTRIBUÉE AUX RACINES DES PLANTES DE REJETER, SANS LES ABSORBER, LES MATIÈRES ANORMALES OU VÉNÉNEUSES QUI LEUR SONT PRÉSENTÉES. (Extrait du *Quarterly Journal of the Chemical Society*. Octobre 1861.)

Les racines des plantes absorbent-elles indistinctement, et par simple endosmose, toutes les substances dissoutes dans l'eau qu'elles rencontrent dans le sol, pourvu que la solution ne présente aucun caractère de viscosité; ou bien possèdent-elles, en vertu de leur vitalité, la faculté de choisir parmi ces substances celles qui leur conviennent et de rejeter les autres? Telle est la question que cherche à résoudre M. Daubeny, et voici les conclusions auxquelles il est arrivé. D'après ce savant, les spongioles des racines possèdent, en vertu de leur vitalité, la propriété de rejeter complétement, sans les absorber, les matières dissoutes qu'il appelle *anormales*, c'est-à-dire, qui ne se trouvent pas faire partie du tissu de la plante, et par conséquent, ne peuvent contribuer en aucune façon à son développement; mais ces mêmes spongioles absorbent indistinctement toutes les matières *normales*, dans les proportions où celles-ci se trouvent dans le sol. Seulement chaque plante, après qu'il a été pourvu aux besoins de son organisme, aurait la faculté de se débarrasser par une espèce d'excrétion de la portion surabondante des substances qu'elle a absorbées. Quant à l'absorption par les racines de matières réellement vénéneuses, telles que le sulfate de cuivre, le nitrate de baryte, le sublimé corrosif et autres substances de ce genre, l'auteur admet que ces poisons sont effectivement absorbés et peuvent même amener la mort du végétal; seulement, dans son opinion, le fait de l'absorption n'implique pas que les racines n'aient pas le pouvoir de choisir ce qui convient à la plante et d'éviter ce qui peut lui être nuisible, tant, du moins, qu'elles sont en vie. Ce ne serait effectivement, d'après M. Daubeny, que

lorsque les spongioles des racines ont été profondément altérées par l'action corrosive du poison, que l'absorption de la solution vénéneuse commencerait à avoir lieu, et alors par un effet de simple endosmose.

C'est plus spécialement à cette seconde question, savoir le mode d'action des poisons sur les plantes, que se rapportent les expériences récentes de M. Daubeny ; c'est aussi sur elles que nous insisterons quelques instants, parce que les conclusions qu'en a tirées l'auteur nous paraissent en contradiction avec les faits généralement admis jusqu'à ce jour. M. Daubeny, avons-nous dit, affirme que si l'on présente à l'absorption des racines, des poisons minéraux en quantité trop faible pour exercer une action corrosive sur le tissu des spongioles, ces poisons ne sont point absorbés par la plante, et n'exercent aucun effet nuisible sur son développement. Dans le but de prouver la vérité de son assertion, l'auteur a arrosé avec une faible solution d'acide arsénieux (savoir une once d'arsenic dissout dans 50 litres d'eau) deux pièces de terre de 25 pieds de long sur 4 de large, plantées l'une d'orge et l'autre de navets. Ces plantes ont été arrosées une fois par semaine pendant quatre semaines consécutives ; l'une et l'autre récolte sont cependant arrivées à maturité sans avoir le moins du monde souffert.

Après avoir brûlé l'orge dans un creuset de terre, les cendres qu'on en a retirées ont été soumises à l'analyse d'après le procédé de Marsh pour chercher à y découvrir de l'arsenic. Un premier essai a effectivement fait croire à la présence d'une petite quantité de ce métal, mais l'auteur s'est bientôt convaincu que cette apparence provenait uniquement de ce que pendant l'arrosement un peu d'acide arsénieux s'était attaché à l'enveloppe extérieure du grain. Toutes les fois, en effet, qu'on prenait la précaution de laver l'orge à grande eau avant de la brûler, on ne trouvait plus dans les cendres aucun des signes qui caractérisent l'arsenic. Il en a été de même des tubercules des navets, lesquels traités d'après la méthode recommandée par Wœhler, n'ont manifesté dans aucun cas la plus petite trace d'arsenic.

M. Daubeny est arrivé à un résultat analogue en arrosant pendant plus d'un mois les mêmes végétaux avec une solution de nitrate de baryte, dans la proportion de 4 onces de nitrate sur 16 litres d'eau ; et plus tard, avec une solution un peu plus concentrée de nitrate de strontiane. Dans l'un et l'autre cas les plantes sont parvenues à maturité à l'époque ordinaire, sans que l'auteur ait pu retrouver ni dans l'orge ni dans les navets la plus petite trace de baryte ou de strontiane. Il n'hésite pas à conclure de ces divers essais, que les matières vénéneuses en solution n'ont point été absorbées par les spongioles de la racine, et qu'elles ne le sont probablement jamais, du moins tant que la plante est vivante.

Observations du rédacteur.

Plusieurs des résultats ci-dessus obtenus par M. Daubeny, ainsi que les conclusions qu'il en a déduites, nous paraissent en désaccord soit avec les expériences bien connues de de Saussure, soit avec les résultats que j'ai obtenus en 1824 et qui ont été consignés dans le tome III des Mémoires de la Société de physique et d'histoire naturelle de Genève[1]. M. de Saussure a démontré par une série d'expériences dont l'exactitude n'a jamais été contestée[2], que le choix que les spongioles des racines semblent faire dans certains cas des matières qu'on leur présente, n'a de rapport qu'à une circonstance purement mécanique. Ce choix apparent ne dépend, en effet, nullement des besoins naturels de la plante, mais uniquement de la limpidité du liquide et de la facilité plus ou moins grande avec laquelle il peut être absorbé. C'est ainsi qu'il a remarqué que si l'on plonge des racines dans diverses solutions, elles absorbent davantage des matières les plus fluides, lors même que ces matières sont nuisibles à la plante, et une dose moins grande des matières plus ou moins visqueuses, lors même qu'elles contiennent plus de substances nutritives. Plus récemment, en 1824, j'ai fait une série d'expériences sur

[1] Voyez aussi *Annales de chimie et de physique*, tome 29, 1825.

[2] Voyez ses *Recherches chimiques sur la végétation*, chapitre 8.

le mode d'action des poisons tant métalliques que végétaux, soit en arrosant avec des solutions de poisons métalliques des plantes de haricots croissant en terre dans des vases, soit en introduisant les racines de ces mêmes plantes dans des bocaux d'eau contenant une solution des poisons en question. Il est résulté de ces expériences que des solutions de sels d'arsenic, de cuivre, de mercure, d'étain et de plomb ont constamment amené la mort des haricots au bout d'intervalles qui variaient de 24 à 48 heures. A la suite de chaque expérience la partie supérieure de la tige et les feuilles étaient soigneusement enlevées et traitées par les réactifs ordinaires; j'y ai presque toujours reconnu des traces du poison dans lequel les racines de la plante avaient été plongées. Ce poison, malgré ses propriétés délétères, avait donc été évidemment absorbé par les spongioles des racines, au moins pendant les premières heures qu'avait duré l'expérience.

Mais, même en admettant, ce que je ne pense pas, que la théorie de M. Daubeny puisse s'appliquer au cas où des végétaux seraient soumis à l'action de substances corrosives capables d'altérer le tissu des spongioles de la racine, son explication tombe évidemment, ce me semble, devant les résultats que j'ai obtenus en 1824, résultats qui ont été confirmés peu de temps après par M. le professeur Macaire, savoir : que les poisons végétaux qui n'exercent aucune action corrosive sur le tissu des animaux, et paraissent occasionner la mort de ceux-ci uniquement par leur action sur le système nerveux, agissent aussi d'une manière distincte et énergique sur le règne végétal, en amenant au bout d'un très-court espace de temps la mort des plantes soumises à leur action. C'est ainsi qu'il a été constaté que des plantes de haricots plongeant par les racines dans des solutions peu concentrées d'extrait d'opium, de belladone, de noix vomique, etc., et mieux encore dans de l'eau de laurier-cerise ou de l'acide prussique étendu, accusaient presque immédiatement, par des crispations particulières des pétioles et des feuilles, l'action de ces poisons, et mouraient toutes au bout de quelques

heures. Les poisons que nous venons de citer étaient bien certainement incapables d'altérer par leur action corrosive le tissu des racines.[1] Il suffit d'ailleurs des phénomènes souvent remarquables auxquels je viens de faire allusion, pour être convaincu qu'ils sont effectivement absorbés et entraînés par la circulation de la sève dans les différentes parties du végétal.

Les résultats négatifs obtenus par M. Daubeny, dans ses essais d'arrosement avec de l'eau imprégnée de substances minérales réputées vénéneuses, ne pourraient-ils pas s'expliquer en admettant que les solutions d'arsenic et de baryte avec lesquelles il arrosait ses plantations, ont pu se combiner dans la terre avec d'autres substances, de façon à neutraliser en grande partie leurs propriétés vénéneuses, peut-être même à former des sels insolubles; ou bien encore, en supposant que les solutions extrêmement faibles dont il se servait pour arroser un terrain d'une certaine étendue, ont pu se perdre dans le sol, et échapper ainsi, au moins en grande partie, à l'absorption des racines?

F. MARCET.

[1] Toutes les fois que les solutions de ces poisons présentaient la moindre apparence de viscosité, on a eu toujours soin de faire une expérience comparative sur une plante de haricot plongeant par les racines dans de l'eau contenant une quantité égale de gomme arabique, et de s'assurer que la plante n'en souffrait pas, au moins pendant trois ou quatre jours.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

sous la direction de

M. le Prof. E. PLANTAMOUR

PENDANT LE MOIS DE JANVIER 1862.

Le 1er, brouillard tout le jour.

5, la hauteur de la neige tombée le matin et dans la nuit est de 8 millimètres.

6, la hauteur de la neige tombée le matin et dans la nuit est de 25 millimètres.

7, brouillard le matin.

12, couronne lunaire dans la soirée.

13, hauteur de la neige tombée pendant le jour, 10 millimètres.

21, hauteur de la neige tombée de 1 h. à 10 h. du matin, 110 millimètres ; brouillard le soir.

22, brouillard le matin ; neige dans l'après-midi, 40 millimètres.

23, brouillard tout le jour.

24, brouillard dans la matinée.

27, gelée blanche le matin.

28, gelée blanche, brouillard depuis 10 heures du matin.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM.	mm	MINIMUM.	mm
		Le 4, à 2 h. soir.....	719,50
Le 7, à 10 h. matin....	732,83		
		8, à 8 h. soir.....	728,68
9, à 10 h. soir......	732,07		
		14, à 4 h. soir.....	717,54
16, à 10 h. soir	723,27		
		20, à 2 h. soir.....	718,79
27, à 10 h. matin....	734,23		
		31, à 6 h. matin...	728,51

GENÈVE. — JANVIER 1862.

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 h.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale.	Température C. Moyenne des 24 heures.	Température C. Écart avec la temp. normale.	Température C. Minim.	Température C. Maxim.	Tension de la vap. Moy. des 24 h	Tension de la vap. Écart avec la tension normale.	Fract. de saturation en millièmes. Moy. des 24 h	Fract. de saturation. Écart avec la fraction norm.	Fract. de saturation. Minimum	Fract. de saturation. Maximum.	Pluie ou neige. Eau tomb. d. les 24 h.	Pluie ou neige. Nomb. d'h.	Vent dominant.	Clarté moy. du Ciel.	Temp. du Rhône. Midi.	Temp. du Rhône. Écart avec la temp. normale.	Limnimètre à midi.
	millim.	millim.	o	o	o	o	mm	millim.					mm.				o	o	pouces
1	732,81	+ 5,37	— 3,05	—2,76	— 4,8	— 1,7	3,37	— 0,61	934	+ 65	705	1000	...	..	variable	1,00	..	....	28,0
2	730,98	+ 3,50	— 1,68	—1,36	— 3,6	— 0,3	3,60	— 0,38	896	+ 27	790	980	.	.	NNE. 2	1,00	5,9	+ 0,7	28,0
3	725,27	— 2,22	— 2,13	—1,78	— 4,6	+ 0,2	3,34	— 0,64	874	+ 5	750	940	..	..	variable	0,81	5,8	+ 0,7	28,0
4	720,09	— 7,11	— 1,69	—1,32	— 4,4	+ 0,2	3,51	— 0,47	869	0	789	960	...	..	SSO. 1	0,94	5,6	+ 0,5	27,5
5	722,37	— 5,14	— 0,35	+0,04	— 2,8	+ 2,3	4,01	+0,03	901	+ 32	710	1000	0,5	6	variable	1,00	..	...	27,2
6	726,48	— 1,03	+ 0,23	+0,64	— 4,6	+ 2,4	3,70	— 0,29	821	— 18	416	1000	1,9	11	variable	0,90	5,8	+ 0,8	27,0
7	732,32	+ 1,81	— 6,02	—5,60	— 9,3	— 0,3	2,87	— 1,12	996	+127	890	1000	...	..	SSO. 1	0,17	5,6	+ 0,7	26,5
8	730,37	+ 2,86	— 5,00	—4,57	— 9,7	— 1,1	2,91	— 1,09	913	+ 44	780	970	. .	..	S 1	0,81	5,2	+ 0,3	26,5
9	731,08	+ 3,57	+ 2,38	+2,82	— 2,8	+ 4,8	4,87	+0,87	879	+ 10	810	920	.	.	N. 1	0,94	5,8	+ 1,0	26,5
10	730,71	+ 3,20	+ 6,25	+6,70	+ 2,2	+11,2	6,96	+2,95	964	+ 95	850	1000	12,9	11	variable	1,00	5,9	+ 1,1	26,5
11	728,91	+ 1,40	+ 8,99	+9,45	+ 6,7	+12,0	6,25	+2,24	737	—131	670	800	3,9	6	SSO. 1	0,84	6,0	+ 1,3	26,8
12	726,82	— 0,69	+ 4,32	+4,79	— 0,7	+ 8,9	4,40	+0,39	727	—141	510	910	...	..	SSO. 1	0,21	...	....	27,2
13	720,78	— 6,72	+ 0,43	+0,89	— 2,1	+ 2,6	4,13	+0,11	929	+ 61	770	1000	2,0	1	SSO. 1	0,96	5,8	+ 1,1	28,0
14	718,58	— 8,92	+ 0,73	+1,18	— 1,1	+ 2,1	4,46	+0,44	926	+ 59	800	1000	0,5	2	SSO. 1	0,98	5,8	+ 1,2	28,0
15	719,56	— 7,93	+ 1,42	+1,86	— 0,6	+ 3,1	3,78	—0,25	753	—114	660	870	...	..	N. 2	0,52	5,7	+ 1,1	28,6
16	722,27	— 5,21	+ 1,09	+1,51	+ 0,1	+ 2,2	3,71	—0,33	771	— 95	660	850	...		NNE. 3	0,71	5,4	+ 0,8	29,5
17	722,64	— 4,83	— 1,00	—0,[illegible]	— 2,9	+ 1,6	3,35	—0,69	816	— 56	710	900	...	..	NNE. 1	0,78	5,2	+ 0,6	28,0
18	722,47	— 4,99	— 6,48	—6,10	— 7,9	— 4,8	2,25	—1,80	832	— 33	710	950	0,1	1	NNE. 3	0,66	4,7	+ 0,2	28,5
19	720,55	— 6,90	— 6,23	—5,87	— 7,9	— 3,3	2,19	—1,57	889	+ 25	760	950	...	..	SSO. 1	0,98	..	.....	27,5
20	719,57	— 7,86	— 5,11	—4,78	—10,0	— 0,1	2,65	—1,42	847	— 17	640	1000	...	..	SSO. 1	0,34	4,1	— 0,1	27,8
21	721,63	— 5,78	— 1,53	—1,23	— 5,7	+ 5,6	3,75	— 0,33	925	+ 62	620	1000	8,2	9	SSO. 1	0,82	4,3	— 0,2	27,5
22	723,37	— 4,02	— 0,18	+0,09	— 3,3	+ 2,0	4,36	+0,27	959	+ 97	670	1000	3,8	6	S. 1	1,00	4,7	+ 0,2	27,7
23	726,06	— 1,31	+ 1,10	+1,33	— 1,1	+ 4,0	4,79	+0,69	962	+101	880	1000	0,5	2	SSO. 1	1,00	4,8	+ 0,3	26,8
24	726,95	— 0,40	+ 3,55	+3,74	+ 0,8	+ 6,3	5,81	+1,70	979	+119	880	1000	7,7	6	variable	1,00	5,4	+ 1,0	27,0
25	728,21	+ 0,88	+ 6,15	+6,60	+ 2,3	+ 9,3	6,49	+2,37	881	+ 25	760	940	11,0	7	variable	0,96	5,9	+ 1,5	27,0
26	732,67	+ 5,37	+ 3,71	+3,85	+ 1,2	+ 7,0	5,27	+1,15	880	+ 23	690	970	...	..	NNE. 1	0,59	...	.	27,5
27	733,45	+ 6,17	+ 1,66	+1,72	— 1,6	+ 4,1	4,19	+0,06	823	— 33	700	960	...	..	N. 1	0,50	5,1	+ 0,7	28,2
28	732,59	+ 5,34	— 1,49	—1,48	— 3,9	+ 0,6	4,08	—0,05	989	+ 34	910	1000	...	..	SSO. 1	0,90	4,8	+ 0,4	29,8
29	732,87	+ 5,65	+ 6,24	+6,20	— 1,2	+10,2	5,40	+1,26	742	—112	550	900	0,2	2	SSO. 1	0,81	5,1	+ 0,7	28,6
30	730,40	+ 3,27	+ 9,42	+9,33	+ 5,9	+11,7	6,80	+2,65	766	— 86	620	840	11,2	11	SSO. 3	1,00	5,5	+ 1,1	27,5
31	730,25	+ 3,09	+10,00	+9,85	+ 8,3	+11,6	7,76	+3,61	855	+ 5	800	920	21,4	10	SSO. 2	0,99	5,9	+ 1,5	31,0

MOYENNES DU MOIS DE JANVIER 1862.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
					Baromètre.				
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade,	728,32	728,42	728,76	728,36	727,86	727,97	728,21	728,28	728,60
2e »	722,66	722,72	722,96	722,40	721,63	721,57	721,69	722,02	722,05
3e »	728,43	728,89	729,35	729,19	728,70	728,98	729,29	729,50	729,71
Mois	726,53	726,75	727,10	726,73	726,15	726,27	726,49	726,69	726,88
					Température.				
	o	o	o	o	o	o	o	o	o
1re décade	— 2,24	— 2,40	— 1,20	+ 0,35	+ 0,68	— 0,04	— 0,66	— 0,97	— 1,18
2e »	— 1,34	— 1,36	— 0,04	+ 1,33	+ 1,82	+ 1,28	+ 0,04	— 0,77	— 1,05
3e »	+ 2,49	+ 2,26	+ 3,75	+ 5,09	+ 5,74	+ 5,23	+ 4,00	+ 3,26	+ 3,08
Mois	— 0,27	— 0,41	+ 0,93	+ 2,35	+ 2,81	+ 2,26	+ 1,22	+ 0,59	+ 0,37
					Tension de la vapeur.				
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade,	3,75	3.73	3,78	3,94	3,98	4,12	4,07	4,06	4,04
2e »	3,81	3.71	3,82	3,88	3,89	3,78	3,95	3,73	3,65
3e »	4,94	5,06	5,36	5,57	5,69	5,70	5,46	5,30	5,17
Mois	4,19	4,20	4,35	4,50	4,55	4,57	4,52	4,40	4,32
					Fraction de saturation en millièmes.				
1re décade,	946	949	884	822	809	881	894	914	926
2e »	893	868	814	748	723	724	829	849	844
3e »	895	927	881	831	816	846	881	897	895
Mois	911	915	860	801	784	818	868	887	889

	Therm. min.	Therm. max.	Clarté moyenne du Ciel.	Température du Rhône.	Eau de pluie ou de neige.	Limnimètre.
	o	o		o	mm	p.
1re décade,	— 4,44	+ 1,77	0,89	5,70	15,3	27,2
2e »	— 2,64	+ 2,46	0,70	5,37	6,5	28,0
3e »	+ 0,15	+ 6,58	0,87	5,15	64,0	28,2
Mois	— 2,23	+ 3,70	0,82	5,39	85,8	27,8

Dans ce mois, l'air a été calme 1 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 0,78 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est S. 39°,7 O. et son intensité est égale à 13 sur 100.

TABLEAUX

DES

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU SAINT-BERNARD

pendant

LES MOIS DE DÉCEMBRE 1861 ET JANVIER 1862

SAINT-BERNARD. — Janvier 1862.

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moyenne de 24 heures.	Baromètre. Ecart avec la hauteur normale.	Baromètre. Minimum.	Baromètre. Maximum.	Température, C. Moyenne des 24 heures.	Température, C. Ecart avec la température normale.	Température, C. Minimum.[1]	Température, C. Maximum.[1]	Pluie ou neige. Hauteur de la neige.	Pluie ou neige. Eau tombée dans les 24 h.	Pluie ou neige. Nombre d'heures	Vent dominant	Clarté moy du Ciel.
	mm	mm	mm	mm	o	o	o	o					
1	564,70	+ 3,89	564,17	565,33	— 7,67	+ 1,44	— 8,8	— 6,5	......	......	......	NE. 1	0,00
2	563,15	+ 2,37	562,68	564,01	— 5,15	+ 3,99	— 6,0	— 3,5	......	......	......	NE. 1	0,00
3	558,73	— 2,03	556,94	560,52	— 6,48	+ 2,70	— 7,4	— 4,0	......	......	......	NE. 1	0,04
4	551,43	— 9,31	550,28	553,05	—12,92	— 3,71	—15,0	— 8,8	20	3,5	9	NE. 3	0,90
5	553,29	— 7,43	552,95	553,89	—14,12	— 4,88	—15,5	—12,9	......	......	......	NE. 2	1,00
6	556,19	— 4,51	551,87	559,18	—15,01	— 5,74	—15,6	—14,0	......	......	......	NE. 2	1,00
7	561,64	+ 0,96	560,36	562,44	—11,36	— 2,07	—15,5	— 8,8	......	......	......	NE. 1	0,01
8	562,40	+ 1,74	562,05	562,88	— 7,01	+ 2,31	—10,0	— 5,0	......	......	......	NE. 1	0,16
9	563,91	+ 3,27	562,61	565,13	— 6,26	+ 3,09	— 7.5	— 3,2	......	......	......	NE. 1	0,98
10	566,09	+ 5,47	565,03	566,78	— 1,38	+ 7,99	— 2,1	— 0,2	400	37.0	24	NE. 1	1,00
11	563,87	+ 3,27	561,63	565,55	— 3,42	+ 5,97	— 5,0	— 1,4	80	8,8	6	NE. 1	0,66
12	559,43	— 1,15	557,24	561,23	— 9,49	— 0,08	—10,4	— 5,4	50	7,5	8	NE. 1	0,23
13	554,15	— 6,41	553,80	554,75	—11,97	— 2,54	—12,6	—10,6	......	......	......	NE. 1	0,56
14	552,13	— 8,41	551,51	553,37	—12,83	— 3,39	—14,2	— 9,4	20	4,0	8	NE. 1	0,18
15	552,29	— 8,23	551,15	553,29	—14,36	— 4,91	—14,7	—13,2	......	......	......	NE. 1	0,56
16	554,61	— 5,89	553,35	555,03	—13,69	— 4,23	—15,2	—10,5	......	......	......	NE. 1	0,22
17	552,96	— 7.52	552,00	553,93	—15,46	— 5,99	—16,5	—13,7	......	......	......	NE. 1	0,00
18	550,06	—10,40	549,58	550,39	—22,27	—12,79	—23,6	—20,0	......	......	......	NE. 1	0,16
19	549,42	—11,02	548,96	550,09	—16,31	— 6,82	—19,0	—13,5	......	......	......	NE. 1	0,67
20	553,84	— 6,58	552,58	554,92	— 8,34	+ 1,15	—11,0	— 1,6	......	......	......	NE. 1	0,31
21	556,88	— 3,52	555,65	558,14	—11,27	— 1,77	—12,5	— 8,2	120	9,9	4	SO. 1	0,59
22	559,28	— 1,10	558,71	560,24	—10,78	— 1,28	—12,0	— 9,0	130	5,0	12	variable	1,00
23	560,91	+ 0,56	560,11	561,88	— 8,95	+ 0,55	—11,0	— 5,4	......	......	......	variable	0,29
24	564,46	+ 4,13	562,77	565,34	— 0,57	+ 8,93	— 2,2	+ 2,7	......	......	......	SO. 1	0,68
25	564,95	+ 4,64	564,47	565,63	— 2,75	+ 6,75	— 5,0	0,0	......	......	......	variable	0,73
26	564,79	+ 4,50	564,49	565,53	— 7,95	+ 1,55	—10,0	— 5,6	70	8,5	10	NE. 1	1,00
27	566,18	+ 5,91	564,53	567,03	— 9,11	+ 0,38	—13,9	— 5,5	......	......	......	NE. 1	0,02
28	566,40	+ 6,15	566,06	566,98	— 1,42	+ 8,07	— 4,0	+ 4,8	......	......	......	SO. 1	0,56
29	565,85	+ 5,62	564,98	566,89	— 6,46	+ 3,02	— 7,3	— 5,0	10	0,6	4	NE. 1	0,90
30	565,60	+ 5,39	564,99	566,36	— 2,52	+ 6,95	— 4,2	— 1,0	320	26,5	24	NE. 1	1,00
31	565,88	+ 5,68	564,17	567,22	— 1,77	+ 7,68	— 2,3	+ 0,2	360	63,5	15	NE. 2	1,00

[1] Les chiffres renfermés dans ces colonnes donnent la plus basse et la plus élevée des températures observées de 6 h. du matin à 10 h. du soir, les thermomètrographes étant hors de service.

MOYENNES DU MOIS DE JANVIER 1862.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade,	559,70	560,11	560,17	560,13	559,95	560,13	560,22	560,52	560,59
2e »	554,41	554,63	554,82	554,40	554,22	554,12	554,17	554,05	554,09
3e »	562,97	563,54	563,94	563,66	563,65	563,82	564,02	564,19	564,37
Mois	559,17	559,55	559,88	559,54	559,41	559,50	559,62	559,73	559,84
Température.									
1re décade,	— 9°,27	— 9°,14	— 8°,96	— 8°,23	— 7°,90	— 8°,45	— 8°,32	— 8°,44	— 8°,20
2e »	—13,17	—13,19	—12,70	—11,20	—10,99	—12,58	—13,22	—13,13	—13,08
3e »	— 7,07	— 6,50	— 4,93	— 3,35	— 3,64	— 5,14	— 6,05	— 6,49	— 6,34
Mois	— 9,75	— 9,51	— 8,74	— 7,46	— 7,37	— 8,61	— 9,09	— 9,26	— 9,11

	Therm. min.	Therm. max.	Clarté moy. du Ciel.	Eau de pluie ou de neige.
				mm
1re décade,	—	—	0,51	40,5
2e »	—	—	0,35	20,3
3e »	—	—	0,71	114,0
Mois	—	—	0,53	174,8

Dans ce mois, l'air a été calme 21 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 0,54 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 45°E, et son intensité est égale à 73 sur 100.

SAINT-BERNARD. — DÉCEMBRE 1861.

Jours du mois	Baromètre.				Température, C.				Pluie ou neige.			Vent	Clarté moy du Ciel.
	Hauteur moyenne de 24 heures.	Ecart avec la hauteur normale.	Minimum.	Maximum.	Moyenne des 24 heures.	Ecart avec la température normale.	Minimum.	Maximum.[1]	Hauteur de la neige.	Eau tombée dans les 24 h.	Nombre d'heures	dominant	
	mm	mm	mm	mm	o	o	o	o					
1	567,09	+ 5,43	566,94	567,10	— 3,33	+ 3,70	— 6,0	— 1,5	......	......	......	NE. 1	0,43
2	567,40	+ 5,78	567,15	567,71	— 5,63	+ 1,50	— 8,1	— 0,2	......	......	......	NE. 1	0,01
3	565,80	+ 4,21	565,03	566,71	— 6,38	+ 0,84	—10,2	— 5,4	......	......	......	NE. 1	0,00
4	563,14	+ 1,59	562,61	563,93	— 6,94	+ 0,37	— 8,0	— 5,5	......	......	......	NE. 1	0,00
5	558,36	— 3,15	556,13	560,93	— 5,96	+ 1,44	— 9,2	— 3,0	......	......	......	NE. 1	0,50
6	556,50	— 4,98	555,95	556,85	—11,57	— 4,08	—13,7	—10,4	......	......	......	NE. 1	0,64
7	557,56	— 3,89	555,77	559,44	— 3 59	+ 3,99	— 5,4	— 2,0	280	22,3	12	NE. 1	1,00
8	564,39	+ 2,97	561,94	566,35	— 2,91	+ 4,76	— 4,0	— 1,1	......	......	......	NE. 1	0,03
9	568,78	+ 7,39	567,74	569,32	— 1,83	+ 5,92	— 3,0	— 0,4	......	......	......	SO. 1	0,22
10	568,03	+ 6,67	567,79	568,61	— 2,55	+ 5,28	— 3,8	— 0,8	......	......	......	SO. 1	0,37
11	568,26	+ 6,93	567,32	569,12	— 2,75	+ 5,16	— 4,1	— 0,7	......	......	......	NE. 1	0,02
12	568,30	+ 7,00	567,91	568,96	— 3,33	+ 4,66	— 4,8	0,0	......	......	......	NE. 1	0,02
13	564,90	+ 3,63	564,22	565,50	— 5,40	+ 2,66	— 6,6	— 3,5	......	......	......	SO. 1	0,18
14	567,29	+ 6,05	565,27	568,82	— 4,11	+ 4,02	— 6,2	— 0,5	......	......	......	variable	0,24
15	568,63	+ 7,41	567,11	569,95	— 5,31	+ 2,89	— 6,4	— 4,1	......	......	......	NE. 1	0,36
16	563,60	+ 2,41	563,24	564,23	— 9,24	— 0,97	—11,3	— 6,0	......	......	......	NE. 1	0,80
17	565,20	+ 4,04	564,69	565,50	— 3,04	+ 5,30	—11,4	+ 0,3	......	......	......	NE. 1	0,20
18	558,47	— 2,66	555,55	562,34	— 5,32	+ 3,09	—10,4	— 1,0	......	......	......	NE. 1	0,62
19	554,80	— 6,31	553,70	556,15	—11,45	— 2,98	—13,0	— 9,2	45	6,3	2	NE. 1	0,47
20	559,54	— 1,54	557,90	560,86	—12,40	— 3,87	—15,6	—10,3	......	......	......	NE. 1	0,00
21	563,17	+ 2,12	560,69	563,95	—10,38	— 1,79	—16,9	— 9,3	......	......	......	variable	0,01
22	562,90	+ 1,87	562,23	563,55	— 8,81	— 0,16	—12,0	— 6,3	......	......	......	SO. 1	0,00
23	562,19	+ 1,19	561,28	562,73	— 4,84	+ 3,86	— 9,2	— 2 3	......	......	......	NE. 1	0,00
24	563,40	+ 2,42	563,12	563,89	— 3,88	+ 4,87	— 8,2	— 2,6	......	......	......	SO. 1	0,00
25	563,17	+ 2,21	562,78	563,69	— 5,17	+ 3,63	— 7,4	— 3,6	......	......	......	SO. 1	0,00
26	562,01	+ 1,07	561,34	563,11	— 8,04	+ 0,81	—13,2	— 5,4	......	......	......	NE. 1	0,10
27	565,52	+ 4,60	562,91	566,75	— 7,57	+ 1,33	—11,9	— 4,7	......	......	......	NE. 1	0,01
28	568,80	+ 7,90	567,49	569,68	— 5,01	+ 3,94	—12,4	— 2,3	......	......	......	NE. 1	0,02
29	567,45	+ 6,57	566,55	568,53	— 3,61	+ 5,38	— 7,1	— 1,1	......	......	......	NE. 1	0,00
30	565,85	+ 5,00	565,43	566,25	— 4,99	+ 4,04	— 6,9	— 2,4	......	......	......	NE. 1	0,00
31	566,33	+ 5,50	566,10	566,83	— 7,55	+ 1,52	— 9,4	— 5,5	......	......	......	calme.	0,00

[1] Les chiffres renfermés dans cette colonne donnent la plus élevée des températures observées de 6 h. du matin à 10 h. du soir, le thermomètre à maximum étant hors de service.

SUR

LE TRANSPORT DES LIQUIDES

et des

Corps suspendus dans les liquides

PAR LE COURANT ÉLECTRIQUE

PAR

M. G. QUINCKE.[1]

Les expériences sur le transport des liquides par le courant électrique (endosmose électrique, ou d'après M. du Bois-Reymond, effet cataphorique de l'électricité) n'avaient conduit à un résultat positif que lorsqu'on se servait de parois poreuses. On n'avait pas pu observer ce transport dans des tubes capillaires[2]. Cependant M. Wiedemann,

[1] *Ueber die Fortführung materieller Theilchen, etc. Annales de Poggendorff*, t. CXIII, p. 513. Août 1861.

[2] M. Matteucci (*Comptes rendus*, t. LI, p. 614, 1860. *Archives*, 1861 t. X, p. 180) a cherché à démontrer que le transport électrique des liquides n'est dû qu'à l'endosmose ordinaire, produite par les changements électrolytiques du liquide des deux côtés du diaphragme poreux. M. Wiedemann ne partage pas cette manière de voir : si la théorie de M. Matteucci était juste, un changement de la direction du courant électrique ne produirait pas en même temps un changement de la direction du courant du liquide au travers de la paroi poreuse ; ce changement ne se ferait que quelque temps après.

dans ses recherches sur ce sujet, avait cru pouvoir regarder les parois poreuses comme des systèmes de tubes capillaires et n'avait vu la cause de la non-réussite des expériences que dans la quantité minime d'électricité qui passait au travers des liquides. Cette supposition était d'autant plus vraisemblable, que M. Armstrong avait déjà observé la formation d'un filet continu d'eau sans paroi poreuse en se servant du courant d'une puissante machine électrique à vapeur : en faisant communiquer, par un fil de soie mouillé, deux verres remplis d'eau, placés à une distance de 0,4 pouces l'un de l'autre et en faisant entrer le courant électrique (négatif) de la chaudière de la machine dans le premier verre, tandis que le second était en communication avec le sol, il observait un courant d'eau qui passait à la surface du fil dans la direction du courant positif. Le fil de soie se mouvait en sens contraire jusqu'à ce qu'il fût entré dans le verre positif. Alors il se produisait un arc libre d'eau entre les deux verres qui se conservait pendant quelques secondes, et même dans une expérience pendant quelques minutes. Toutefois durant tout ce temps, les quantités d'eau dans les deux verres ne changeaient guère. Des corps légers, de la poussière, jetés sur la surface de l'eau accusaient l'existence d'un double courant, dont l'un à l'extérieur était dirigé dans le sens du courant positif, l'autre à l'intérieur dans la direction contraire. Dernièrement M. Quincke a confirmé cette supposition en montrant que le transport des liquides se fait également dans des tubes capillaires, soit par les courants d'une machine électrique, soit par les courants d'une pile d'une très-grande force électro-motrice, et d'après les mêmes lois que M. Wiedemann avait trouvées pour les parois poreuses. M.

Quincke se servait d'un tube capillaire D (Pl. I, fig. 1), dans lequel étaient soudés trois fils de platine P_1 P_2 P_3. On doit choisir un tube formé d'un verre bien isolant et le nettoyer avec beaucoup de soin avant chaque expérience en y faisant passer de l'acide sulfurique, de l'acide nitrique concentré et de l'eau bouillante. L'eau dissout avec le temps de petites quantités de verre et sa résistance diminue; pour éviter les causes d'erreur que pourrait produire cette circonstance, il faut diriger avant chaque expérience un courant d'eau distillée au travers du tube. On fixe le tube au moyen d'un bouchon dans le vase ABN et on le place dans une position légèrement inclinée; puis on y verse de l'eau. Après avoir observé la position d'équilibre de l'eau dans le tube, on y fait passer, par deux des fils de platine P, soit la décharge d'une bouteille de Leyde, soit le courant d'une machine électrique ordinaire. L'eau se meut alors dans le sens du courant positif, et il est facile de mesurer son ascension ou sa dépression au moyen d'une échelle divisée ou d'un microscope.

En se servant d'une batterie de Leyde, M. Quincke a trouvé que l'ascension de l'eau est proportionnelle à la quantité d'électricité (mesurée par une bouteille de Lane), et que la durée de l'ascension en est indépendante. L'ascension est indépendante de la surface de la batterie, mais la durée est diminuée à mesure que la surface augmente. L'ascension est en outre proportionnelle à la longueur de la colonne liquide traversée par le courant. En diminuant la section du tube, par exemple en y introduisant un fil de verre, on observe une augmentation rapide de l'ascension. Le rapport des sections étant 2,765 : 1, les hauteurs des liquides étaient dans le rapport de 16,17 : 1. Cette augmentation semble être indé-

pendante de la quantité et de la densité de l'électricité qui passe par le tube. Dans ces expériences il est nécessaire d'éviter un changement de la section du tube dans les endroits où la colonne liquide est terminée par un ménisque, ce qui pourrait produire un changement de la résistance due au frottement. La section du tube restant la même (en prenant, par exemple, un tube étroit et un autre plus large dans lequel on a introduit un fil de verre), le transport du liquide augmente avec la surface de la paroi dans une très-grande proportion.

L'introduction de grandes résistances de colonnes d'eau dans le circuit, c'est-à-dire l'augmentation du temps de la décharge, fait diminuer la hauteur et la durée de l'ascension. La durée de la décharge est également prolongée lorsqu'on se sert de tubes plus longs et plus étroits, en sorte qu'il n'est pas possible en employant de tels tubes, d'augmenter la hauteur de l'ascension au delà d'une certaine limite. L'alcool pur ou mélangé d'eau monte plus haut que l'eau; au contraire, de l'eau contenant des sels et des acides, est moins favorable à la production de ces phénomènes. M. Quincke a obtenu des résultats semblables en dirigeant au travers de son appareil le courant d'une pile de 40 à 80 éléments de Grove. L'élévation du liquide était proportionnelle à l'intensité du courant, et proportionnelle à la force électromotrice, lorsqu'on faisait varier la longueur de la colonne liquide. La force électromotrice restant la même, l'élévation était à peu près proportionnelle au carré du diamètre des tubes. Cependant lorsqu'on diminue la section des tubes en changeant la forme de la surface, l'élévation augmente d'autant plus que cette dernière devient plus grande. La nature de la substance dont les tubes sont formés a éga-

lement une influence sur ce phénomène. Si l'on couvre les parois intérieures des tubes par une légère couche de gomme laque, la hauteur de l'ascension augmente. Cependant dans cette expérience la couche ne doit pas s'étendre au delà de la colonne liquide, parce qu'en changeant le frottement du ménisque qui termine la colonne contre les parois, on obtient des résultats qui ne sont plus comparables entre eux. Un enduit d'argent diminue l'ascension de l'eau. En ajoutant à l'eau 0,1 pour 100 de sel marin ou 0,04 pour 100 d'acide sulfurique, on empêche presqu'entièrement l'ascension de l'eau.

Toutes les lois énoncées jusqu'ici s'accordent complétement avec celles que M. Wiedemann a trouvées pour l'endosmose électrique, en supposant toutefois que la résistance de la colonne liquide dans les tubes est très-considérable par rapport aux autres résistances du circuit. En désignant par E la force électromotrice; par w la résistance de la colonne d'eau proportionnelle à sa longueur l, on aura l'intensité du courant $J = \frac{E}{w}$; et la hauteur de l'ascension du liquide d'après les expériences de M. Wiedemann est exprimée par $H = w\,J = E$. Elle est donc indépendante de la résistance du liquide et proportionnelle à la force électromotrice.

Le transport des liquides se fait aussi par les courants induits, soit au travers d'une paroi poreuse, soit dans des tubes capillaires.

Les liquides jusqu'ici mentionnés suivent toujours dans leur mouvement la direction du courant positif. M. Quincke a trouvé un alcool absolu, qui se dirige dans le sens contraire. Cependant les lois du transport y restent les mêmes. En ajoutant de l'eau à cet l'alcool, on le fait rentrer dans l'état des liquides ordinaires. — Le courant

exceptionnel des liquides dirigé dans le sens du courant électrique négatif s'observe également, mais seulement pour le courant d'une machine électrique ou d'une bouteille de Leyde, lorsqu'on le fait passer au travers d'une colonne d'essence de térébenthine contenue dans un tube de verre enduit d'une couche de gomme-laque. Si cette couche est formée de soufre, l'essence se meut dans le sens du courant positif. Au travers d'un cylindre poreux d'argile elle se meut dans la direction du courant négatif. En y faisant passer la décharge d'une bouteille de Leyde, la quantité du liquide transportée est proportionnelle à la quantité d'électricité déchargée. Lorsqu'on introduit dans un tube de verre un diaphragme de soufre en poudre, pressé entre deux petits morceaux de soie, l'essence s'y dirige dans le sens du courant positif de la batterie de Leyde. — Le sulfure de carbone présente la direction normale dans presque tous les tubes de verre; dans un seul échantillon le transport se faisait dans le sens du courant négatif. Le sulfure de carbone, le pétrolène, l'éther, l'huile grasse des os, ne se transportent pas au travers d'un diaphragme d'argile.

Les faits qui viennent d'être décrits sont intimement liés à un autre phénomène déjà reconnu par Reuss[1], qui le premier a observé le transport électrique des liquides: nous voulons parler du mouvement de corps légers suspendus dans les liquides qui sont soumis à l'action du courant électrique. Reuss avait fixé dans un prisme horizontal d'argile mouillée deux tubes de verre verticaux. Il y introduisait une couche de sable et les remplissait

[1] Reuss, *Mémoires de la Société impériale des naturalistes à Moscou*, 1808, t. II, p. 332.

d'eau. En plongeant dans les tubes les électrodes d'une pile voltaïque de 74 éléments, il observait le transport de l'eau dans la direction du courant positif; en même temps de petites poussières d'argile entraient dans le tube qui contenait l'électrode positif, et s'y plaçaient au-dessus du sable. L'eau dans l'autre tube restait parfaitement claire, M. Faraday [1] a également observé un mouvement chez de petits corps suspendus dans de l'eau placée dans un tube entièrement fermé, et soumise à l'action d'un courant entre deux fils de platine. La pression empêchait presque complétement le dégagement des gaz et les mouvements de l'eau qui auraient pu en être la conséquence. M. Faraday croit pouvoir expliquer ces mouvements par les attractions et les répulsions alternatives que les électrodes exercent sur ces petits corps. Dernièrement M. Heidenhain [2] à Breslau a fait passer le courant d'une pile de seize éléments de Grove au travers d'un morceau d'une feuille de vallisneria qu'il regardait au microscope. Les petites globules de chlorophylle se dirigeaient contre les parois des cellules qui répondaient à l'électrode positif, même après que la vie de la feuille était éteinte. M. Du Bois-Reymond [3] a observé le même mouvement dans l'amidon des cellules des pommes de terre. Enfin M. Jürgensen, sous la direction de M. Heidenhain, a étudié ce même phénomène. Il a placé au-dessous du microscope une plaque de verre, sur laquelle une goutte d'eau contenant quelques petits morceaux de

[1] Faraday, *Exp. Res.* Sér. XIII, § 1572 et 1605.

[2] Heidenhain und Jürgensen, *Reichert und Du Bois-Reymond Archiv*, 1860, p. 673.

[3] Du Bois-Reymond, *Monatsberichte der Berliner Akademie*, 20 déc. 1860, p. 903.

carmin était étendue entre deux morceaux coniques de moëlle de sureau mouillés d'eau et dans lesquels les électrodes de la pile étaient insérés. En les faisant communiquer avec la pile, les morceaux de carmin se dirigeaient vers l'électrode positif. L'appareil suivant, tout semblable à celui de M. Jürgensen, permet d'observer ce phénomène en même temps que le transport électrique des liquides. Le tube de verre, *c a d* de la forme représentée par la figure 2, est divisé en deux parties par un diaphragme poreux de plâtre ou d'argile. Les fils de platine portent les électrodes *g* et *h* à l'intérieur du tube. On remplit le tube d'eau mélangée avec un peu d'amidon, et on fait passer le courant d'une pile par les électrodes. En regardant la partie plus étroite *a* du tube au microscope, on observe que les petites particules d'amidon se transportent du côté de l'électrode positif, tandis que l'eau monte dans le tube qui contient l'électrode négatif. En ajoutant des sels et des acides à l'eau, on ralentit et enfin on empêche entièrement le mouvement de l'eau et des particules.

M. Quincke, qui a fait une étude plus approfondie de ces phénomènes, a observé (comme M. Armstrong) un mouvement double des corps suspendus dans l'eau. Il ajoutait à l'eau contenue dans l'appareil de la figure 1 quelques particules d'amidon ; puis il fermait l'extrémité du tube avec un bouchon de cire pour empêcher le mouvement de l'eau, et il faisait passer le courant électrique d'une machine électrique en mettant les électrodes en communication l'un avec le conducteur et l'autre avec le frotteur. Le mouvement des particules s'observait au moyen d'un microscope. En tournant lentement le plateau de verre de la machine, les particules d'amidon situées près

des parois du tube se dirigent dans le sens du courant positif, tandis que les particules de l'intérieur du tube se transportent dans le sens du courant négatif. Pour un mouvement plus rapide de la machine, les particules plus grandes près des parois se transportent également dans le sens du courant négatif, tandis que les particules plus petites suivent encore la direction du courant positif. Enfin lorsqu'on tourne encore plus vite, toutes les particules se dirigent dans le sens du courant négatif. Des courants induits, dirigés dans le même sens, et des courants constants produisent les mêmes effets. La décharge de la batterie de Leyde fait marcher les particules d'amidon d'abord dans une certaine direction, puis elles se retournent brusquement pour courir avec grande vitesse dans le sens opposé. Dans des tubes plus larges, il faut une intensité du courant plus grande pour faire marcher toutes les particules dans le même sens.

M. Quincke a obtenu les mêmes résultats en se servant de l'appareil de la figure 2, dans lequel il avait enlevé la paroi poreuse. On obtient les mêmes résultats qu'avec l'amidon, en opérant avec du noir de platine, avec des poudres de cristal de roche, de feldspath, de peroxyde de manganèse, de soufre, de gomme laque, avec des fils de soie ou de coton, du lycopodium, du papier, etc., avec de l'essence de térébenthine et du sulfure de carbone, répandus en petits globules dans de l'eau, avec des bulles d'oxygène, d'hydrogène, d'air, de gaz oléfiant, d'acide carbonique, etc. Dans l'essence de térébenthine, la poudre de soufre se meut comme dans l'eau, dans le sens du courant négatif; tous les autres corps se dirigent dans le sens opposé. De petits globules d'essence de térébenthine se meuvent dans l'alcool or-

dinaire suivant la direction du courant négatif; et en sens inverse dans cet alcool qui dans un tube de verre est transporté par le courant suivant la direction de l'électricité négative. Des particules de cristal de roche se meuvent, à l'intérieur, d'un tube de verre rempli de sulfure de carbone, dans la direction du courant positif, c'est-à-dire dans la même direction que le sulfure de carbone lui-même.

En employant l'appareil de la figure 1, M. Quincke a étudié les lois de ce transport des particules dans les liquides. Un chronomètre servait à observer le temps que les particules employaient pour traverser une certaine distance dans le liquide, mesurée au moyen d'un microscope avec micromètre oculaire. On déterminait l'intensité du courant au moyen d'un galvanomètre à aiguille astatique. La vitesse des particules est proportionnelle à l'intensité du courant; elle est indépendante de la distance des électrodes et de la force électromotrice de la pile. En employant la décharge d'une batterie de Leyde, le chemin parcouru par les particules est proportionnel à la quantité d'électricité passant par le liquide, et indépendant de la longueur de la colonne liquide, ainsi que de la surface de la batterie. Il est à peine modifié, lorsqu'on prolonge la durée de la décharge en introduisant dans le circuit un tube rempli d'alcool. Les particules parviennent à la fin de leur course dans moins d'une demi-seconde. La vitesse des particules voisines des parois du tube est moindre que celle des particules placées au milieu : cependant elle est également proportionnelle à l'intensité du courant. Dans des tubes plus étroits le mouvement des particules est accéléré. D'après ces observations, M. Quincke croit que le liquide (l'eau)

près des parois du tube reçoit généralement par le courant une impulsion dans la direction de l'électricité positive, et qu'elle retourne par le milieu du tube ; au contraire, les particules suspendues reçoivent une impulsion dans le sens du courant négatif. Lorsque le courant est faible, l'eau entraîne dans sa propre direction les particules que le courant tend à déplacer en sens contraire, près des parois ; au milieu du tube le mouvement de l'eau a la même direction que celui des particules, les deux mouvements s'ajoutent l'un à l'aûtre. Ainsi l'on observe un double courant des particules. Lorsque le courant est plus intense, la vitesse de l'eau près des parois ne s'accroît pas dans la même proportion à cause du frottement ; la vitesse des particules, toutefois, augmente proportionnellement à l'intensité, de manière qu'elles se meuvent plus vite dans le sens du courant négatif que l'eau dans le sens du courant positif. La direction du mouvement des particules est donc la même sur toute la section du tube, dans le sens du courant négatif ; seulement elles marchent plus lentement près des parois. Le frottement qui s'oppose au mouvement des particules plus grandes est, relativement à leur masse, plus faible que celui des particules plus petites : il en résulte que pour de certaines intensités les premières marchent en sens inverse du courant de l'eau, tandis que ces dernières sont encore entraînées par l'eau. — Lorsqu'on opère avec des particules suspendues dans l'essence de térébenthine, rien n'est changé, sauf la direction du mouvement.

Pour expliquer ces phénomènes, on peut admettre que le liquide et les parois du tube se chargent d'électricités

contraires par leur contact : l'eau se charge d'électricité positive, la paroi d'électricité négative. De même les particules sont chargées par leur contact avec l'eau d'électricité négative. Lorsqu'on fait passer un courant électrique au travers de l'eau, l'eau positive près des parois est attirée par l'électricité qui entre par l'électrode négatif, les particules négatives au contraire sont repoussées : l'eau se meut dans le sens du courant positif, les particules dans le sens du courant négatif. — Pour mieux préciser cette explication, il faut examiner de plus près les phénomènes électriques qui accompagnent la formation du courant. Sous l'influence du courant, l'électricité libre est répandue à la surface du liquide contenu dans le tube. Admettons que la distribution de cette électricité se fasse malgré l'électricité produite par le contact de l'eau et du tube. La conductibilité k du liquide et la section q du tube étant les mêmes dans toute l'étendue de ce dernier, la différentielle de la fonction potentielle V de l'électricité libre sur chaque point à l'intérieur du tube, reste constante et proportionnelle à l'intensité J du courant. En désignant par x la distance d'un point quelconque de l'axe du tube (supposé linéaire) à un autre point fixe de cet axe, nous avons $\frac{dV}{dx} = \frac{J}{kq}$ Donc la force avec laquelle les molécules du liquide, chargées de l'électricité E par le contact, sont mues par le courant est égale à $\frac{EJ}{kq}$ C. Il s'ensuit que la vitesse du liquide est proportionnelle à l'intensité J du courant, à la force électromotrice E de son contact avec les parois du tube, et en raison inverse de la section du tube et de la conductibilité du liquide. Cependant, expérimentalement, la première loi seule est exacte, parce qu'en changeant le liquide et la section du tube q, on change également le

frottement contre les parois du tube, c'est-à-dire la constante C. — Lorsque la direction de la force électromotrice E est renversée, le transport du liquide change également de direction. Ce transport ne se fait que près des parois, parce que c'est seulement là que l'électricité de contact est formée. Si le liquide n'est pas gêné dans son mouvement et si la section du tube est petite, toute la masse du liquide subit ce transport; si le mouvement du liquide entier est empêché, le liquide qui près des parois est transporté dans une certaine direction, retourne par le milieu du tube dans la direction opposée.

Le mouvement des particules en suspension est représenté par la même formule que celui du liquide. Seulement au lieu de E, il faut mettre l'électricité E′ produite dans les particules par leur contact avec le liquide, et qui dans la plupart des cas est égale à l'électricité des parois du tube. De cette manière les particules s'avancent généralement dans la direction opposée à celle du liquide. Leur vitesse sera également proportionnelle à l'intensité du courant, à la force électromotrice E′, due au contact, et à la résistance du liquide. Cependant les mêmes causes qui changent ces lois pour le transport du liquide, les font aussi varier pour le transport des particules. La force électromotrice E′ étant renversée, le mouvement des particules changera également de direction.

Dans l'eau, presque tous les corps semblent se charger d'électricité négative. M. Quincke a prouvé ce fait en se servant d'un condensateur formé d'une plaque de verre recouverte de poudre de peroxyde de manganèse et d'une autre plaque de verre recouverte d'une feuille de papier imbibée d'eau. En joignant les deux plaques par un morceau de papier mouillé avec de l'eau, et en ap-

prochant la plaque du condensateur recouverte de papier, d'un électroscope de Hankel, M. Quincke a démontré la charge positive de l'eau. — L'alcool qui par son frottement avec le verre se charge moins fortement que l'eau d'électricité positive, est transporté plus lentement que l'eau par le courant. L'essence de térébenthine, qui par le frottement se charge presque toujours d'électricité négative, est également transportée dans la direction opposée à celle de l'eau[1].

[1] Le travail de M. Quincke complète d'une manière très-précise celui de M. Wiedemann. Il établit le fait important que le transport électrique des liquides a essentiellement lieu près des parois des tubes, ce qui explique pourquoi dans les tubes capillaires ou dans les parois poreuses il n'y a pas double courant. Il constate que le sens du mouvement varie avec la nature des substances liquides et avec celle des parois solides. Quant à l'explication que l'auteur donne de ces phénomènes, nous la croyons très-hypothétique. Il nous semble plus probable qu'ils sont dus à la manière dont s'opère la distribution de l'électricité statique, provenant des appareils qui produisent les décharges et les courants, sur la surface extérieure des parois des tubes et dans les liquides renfermés dans ces tubes. Cette distribution doit varier avec la nature des parois et avec la nature des liquides, et produire ainsi chez les particules mobiles des déplacements d'intensité et de sens variables. Comme preuve de cette manière de voir, qui aurait besoin, pour être mieux justifiée, de plus grands développements, nous nous bornerons à invoquer le fait de la nécessité, pour le succès des expériences, d'une grande puissance électromotrice dans la source d'électricité, d'une conductibilité très-imparfaite dans le liquide et d'une nature isolante dans la paroi solide en contact avec le liquide.

A. de la R.

LES GLACIERS

PAR

M. le prof. John TYNDALL.

The Glaciers of the Alps, being a narrative of excursions and ascents, an account of the origin and phenomena of glaciers and an exposition of the physical principles to which they are related. — London, 1860.

On the Physical Phenomena of Glaciers. — Part. I. Observations on the Mer de Glace. Part. II. On the veined structure of glaciers; with observations upon white ice-seams, air bubbles and dirt-bands, and remarks upon glacier theories (*Philosophical Transactions* for 1859).

I

C'est un charmant livre que celui que M. Tyndall a publié sous le titre de *The Glaciers of the Alps*. Comment pourrait-il en être autrement? Physicien de premier ordre, plume excellente et d'une clarté parfaite, touriste aussi infatigable qu'audacieux, admirateur passionné des montagnes et de leurs poétiques beautés, l'auteur réunit toutes les qualités qui peuvent assurer le succès d'un ouvrage destiné à la fois aux savants et aux gens du monde.

Nous regrettons vivement que la nature purement scientifique des *Archives* ne nous permette pas de nous arrêter aux récits pittoresques qui remplissent la pre-

mière moitié de ce volume[1] ; notre œuvre doit se limiter à l'analyse des observations de M. Tyndall sur les glaciers et sur quelques autres phénomènes physiques.

Nous rappellerons ici que la traduction complète d'un premier mémoire de M. Tyndall, publié en commun avec M. Th. Huxley, a été insérée dans ce recueil[2]. Ce travail nous servira de point de départ pour l'exposé des recherches faites depuis lors.

Mais avant de rendre compte d'études et d'idées qui nous inspirent une grande admiration, nous nous permettrons de faire la part à la critique et d'adresser deux reproches à l'auteur.

En premier lieu, il nous est impossible de ne pas nous prononcer contre la témérité avec laquelle il expose sa vie dans ses excursions alpestres ; il y a là plus que le courage qui fait mépriser le péril lorsqu'il s'agit d'arriver à la connaissance de la vérité : c'est de la passion, cette passion qui naît du danger et que les obstacles attisent, cette passion du chasseur de chamois qui brave cent fois la mort pour atteindre, dans les glaces et les précipices, un gibier qu'il ne suivrait pas pendant une lieue s'il le trouvait dans la plaine. Nous sommes prêts à excuser cette hardiesse exagérée si la science doit en retirer quelque profit. Ainsi que M. Tyndall aille planter des jalons à mi-hauteur d'une paroi à pic de glace sur le flanc de laquelle il s'avance en se taillant des marches avec la hache, lors même qu'un des plus hardis monta-

[1] Nous espérons que quelques extraits en seront prochainement publiés dans la partie littéraire de la *Bibliothèque universelle.*

[2] Voyez *Archives*, 1858, t. II, p. 200.

gnards de Chamounix lui a déclaré qu'il ne fallait pas penser à le faire ; qu'au Glacier du Rhône, dans le but d'observer un cas intéressant de la structure veinée, il s'arrête au bas d'un rocher surplombé par d'énormes blocs de glace qui se détachent à chaque instant, pendant qu'un guide en surveille les mouvements la lunette à la main pour l'avertir si leur chute devient imminente : nous ne lui jetterons pas trop le blâme, car il avait au moins là un but scientifique bien déterminé. Mais que dire, lorsque, sans guide, complétement seul, *sans habit ni cravate,* sans autres provisions qu'un *sandwich* et quelques gouttes de thé dans sa gourde, il part et fait l'ascension du Mont-Rose qu'il avait déjà gravi quelques jours auparavant ! On dit qu'un général en chef ne doit braver les boulets et les balles que si le gain de la bataille l'exige impérieusement : M. Tyndall est un général de la science, et il n'a pas le droit, si nous pouvons ainsi dire, de risquer imprudemment une vie aussi brillamment utile que la sienne.

Le second reproche que nous ferons à M. Tyndall est d'une nature bien différente : nous ne trouvons pas qu'il soit parfaitement impartial à l'égard de l'un de ses devanciers, M. le professeur J. Forbes ; il l'attaque avec une vivacité que les théories glaciaires au moins de ce dernier ne nous semblent pas légitimer suffisamment. M. Forbes, on le sait, a expliqué le mouvement des glaciers en comparant ces énormes masses congelées à un corps visqueux, du mortier ou du goudron par exemple, descendant le long des pentes des vallées sous l'influence de la pesanteur. Cette théorie de la *viscosité* ou de la *plasticité* des glaciers, plus exacte évidemment qu'aucune hypothèse antérieure, est incomplète plutôt qu'elle n'est

fausse. Ce que M. Forbes n'expliquait pas, c'est pourquoi la glace en grandes masses présente une analogie avec un corps visqueux, lorsque, considérée en petits fragments, elle ne jouit d'aucune propriété du même genre. Ainsi un prisme de glace, soumis à une traction, ne s'allonge pas en s'amincissant : il ne peut que se rompre si la force qu'il subit est suffisante ; et sous l'effort d'une pression, il ne se déformera pas sans se briser d'abord. Comme se fait-il donc qu'un glacier, c'est-à-dire un immense amas de glace, présente une consistance si différente de ce que l'on observe en petit ? C'est à cette question qu'ont répondu les études récentes et nombreuses qui ont été faites sur le phénomène du *regel* et auxquelles M. Tyndall a pris une brillante part. Ce phénomène consiste en ce que des morceaux de glace mis en contact à une température supérieure à 0° se soudent les uns aux autres. Il en résulte que si l'on prend une masse de glace, qu'on la brise en fragments, puis qu'on amène ces fragments en contact les uns avec les autres, ils se souderont et reformeront un seul bloc, composé de la même substance que le bloc primitif, dont la forme seule aura pu changer. Par conséquent, la glace, si elle n'est pas visqueuse, est en définitive plastique et l'on se rappelle à cet égard les belles expériences de M. Tyndall qui, en comprimant de la glace dans des moules au moyen de la presse hydraulique, parvenait à lui donner à volonté la forme qu'il désirait. La théorie de la plasticité des glaciers rend donc bien compte des faits, et en la proposant, M. Forbes avait fait faire un grand pas à la science ; l'explication de cette plasticité par le regel de la glace a été un second pas, dont on ne peut méconnaître la valeur.

Nous avons déjà dit que la première partie du livre de M. Tyndall est principalement consacrée au récit de ses excursions dans les Alpes ; cependant elle comprend également l'étude de quelques points de physique terrestre étrangers au phénomène des glaciers. Nous commencerons notre analyse en donnant des extraits presque textuels de quelques-unes de ces observations accessoires.

La seconde partie de l'ouvrage de M. Tyndall est exclusivement scientifique ; toutefois, l'auteur a eu soin de se mettre à la portée des lecteurs pour lesquels la physique n'est pas un sujet familier. Il débute par une sorte de petit traité fort clair et fort bien fait sur la chaleur et la lumière ; puis il explique l'origine des glaciers en indiquant les propriétés de la neige et de la glace ; il passe ensuite à une exposition détaillée du phénomène et de la théorie des glaciers, en rapportant les observations de ses prédécesseurs aussi bien que les siennes. Nous laisserons de côté dans notre compte rendu beaucoup de ces matières qui sont connues des lecteurs des *Archives*, et nous chercherons seulement à faire connaître les résultats nouveaux, en nous servant souvent de deux mémoires tout à fait scientifiques que M. Tyndall a publiés dans les *Transactions philosophiques*.

II

Couleur de l'eau et du ciel.

Quelle est la cause de la coloration bleue de l'eau et du firmament ? C'est là une question qui a été souvent agitée, sans être clairement résolue. Bien que les observations de M. Tyndall n'en donnent pas non plus une solution complète, elles nous ont paru présenter un vé-

ritable intérêt. Voici la traduction des principaux passages où elles sont consignées.

« ... Le jeudi 9 juillet 1857, je me trouvais sur le lac de Genève naviguant vers Vevey. Depuis longtemps je désirais voir les eaux de ce lac célèbre dont la couleur est peut-être plus intéressante pour les savants que pour les poëtes qui l'ont chantée. On a bien souvent remarqué la profondeur de son azur, mais à ma connaissance, du moins, ce sujet n'a pas été soumis à un examen systématique. Il se peut que ce soit simplement là la couleur de l'eau pure. La glace est bleue, il est donc naturel de supposer que le liquide qui résulte de sa fusion possède la même couleur. Cependant on doit se demander si c'est là la seule raison de la teinte bleue du lac de Genève. Les tentatives que l'on a faites pour en trouver d'autres causes prouvent tout au moins que l'on a eu des doutes sur la valeur de cette explication.

« C'est seulement dans les parties profondes du lac que l'on peut apprécier sa nuance. Si l'on peut voir le fond, ce n'est plus l'effet de l'eau seule que l'on perçoit; mais lorsque l'eau est profonde, sa couleur est profonde également ; entre Rolle et Nyon par exemple, la teinte bleue est superbe. Cependant là où le bleu était le plus profond, il me laissait l'impression du trouble (*turbidity*) plutôt que d'une profonde transparence. A la partie supérieure du lac l'eau, que le bateau à vapeur traversait, était d'un bleu vert.

« ... Si j'en avais l'occasion, je tenterais à cet égard les expériences suivantes :

a) Comparer les couleurs de la lumière transmise au travers de deux colonnes d'eau de quinze pieds de longueur, l'une formée de l'eau du lac, l'autre d'eau obte-

nue en laissant fondre de la neige fraîchement tombée sur la montagne.

b) Comparer de la même manière la couleur de l'eau ordinaire du lac avec celle de la même eau soigneusement distillée.

c) Examiner particulièrement si la lumière transmise par l'eau ordinaire contient un excès de rouge relativement à celle qui a traversé l'eau distillée. Ce dernier point, comme on le verra plus loin, présente un intérêt particulier. [1]

« ... J'ai trouvé que la manière la plus commode d'examiner la couleur de l'eau, est la suivante : un tube d'étain de 15 pieds de long et de 3 pouces de diamètre, est fermé hermétiquement à ses deux extrémités par des lames de verre incolore. On le place dans une position horizontale, et on y verse de l'eau pure par un petit tube latéral jusqu'à ce que la moitié soit remplie ; le tube contient alors un demi-cylindre d'eau et un demi-cylindre d'air. On dispose un écran blanc ou une feuille de papier bien éclairée à une petite distance de l'une des extrémités du tube, et l'on regarde par l'autre extrémité ; on voit ainsi deux espaces semi-circulaires dont l'un provient de la lumière qui a traversé l'air, et l'autre de la lumière qui a traversé l'eau, et comme ces deux espaces sont juxtaposés, on a un terme de comparaison absolument nécessaire dans des expériences de cette nature. On trouve constamment que, tandis que le premier demi-cercle reste blanc, le second est vivement coloré [2]. Quand on dirige au travers de ce tube le faisceau lumineux provenant

[1] *The Glaciers of the Alps*, p. 33.

[2] Dans mes expériences je n'ai jamais obtenu un bleu pur, mais seulement un bleu vert. (*Note de l'auteur*.)

d'une lampe électrique, en disposant une lentille convexe à une distance convenable, on peut projeter sur un écran une image amplifiée de ces demi-cercles dont l'un est coloré et l'autre incolore. En opérant ainsi, j'ai trouvé quelquefois qu'après la pluie, l'eau des conduites hydrauliques de l'Institution royale était complétement opaque; tandis que dans d'autres circonstances elle était d'un vert clair. Lorsqu'on examine l'eau de pompe de l'Institution, elle présente la riche couleur jaune du vin de Xérès, tandis que l'eau distillée est vert-bleu [1].

« ... Il est facile de montrer que si un faisceau de lumière blanche traverse un liquide tenant en suspension des particules extrêmement petites, les courtes ondulations de la lumière sont plus abondamment réfléchies que les longues : le bleu, par exemple, est plus abondamment réfléchi que le rouge. On peut, pour cette expérience, employer différents précipités fins; mais le meilleur est celui de Brücke. On sait que le mastic et diverses résines sont solubles dans l'alcool, et que ces matières sont précipitées, quand on en verse la solution dans l'eau. L'eau de Cologne, par exemple, produit dans ce cas un précipité blanc. Toutefois, si ce précipité est suffisamment dilué, il donne au liquide une couleur bleuâtre à la lumière réfléchie. Même lorsque le précipité est très-épais et grossier et qu'il flotte sur le liquide comme une sorte de croûte, les portions inférieures présentent souvent une teinte bleue. Pour obtenir des particules de la dimension convenable, Brücke indique de dissoudre un gramme de mastic incolore dans 87 grammes d'alcool, et de verser la solution dans une

[1] *The Glaciers*, p. 254.

pipette d'eau que l'on agite. De cette manière on peut produire un bleu ressemblant à celui du firmament; on le distingue mieux en plaçant un drap noir derrière le verre. Mais dans certaines positions le liquide bleu paraît jaune, ces positions sont celles où la lumière transmise parvient à l'œil. Il est évident que ce changement de couleur doit nécessairement se produire car, puisque le bleu est partiellement éliminé parce qu'il est plus abondamment réfléchi, la lumière transmise doit présenter plus ou moins le caractère de la couleur complémentaire; cependant il ne s'ensuit pas que ces deux teintes doivent être exactement complémentaires l'une de l'autre.

« Quand on remplit un long tube avec de l'eau claire, la couleur du liquide se reconnaît à la lumière transmise. On obtient un effet très-intéressant lorsque, dans ce tube, l'on introduit goutte à goutte une solution de mastic, et que le précipité ténu se diffuse de lui-même dans l'eau. La couleur bleu-vert du liquide est bientôt neutralisée, et on observe une couleur jaune. En ajoutant une plus grande quantité de la solution, la couleur passe du jaune à l'orange, et de l'orange au rouge sang. On peut obtenir le même effet au moyen d'un vase d'un pouce et demi de largeur, contenant de l'eau dans laquelle on introduit la solution de mastic. Si on dirige la lumière d'une lampe électrique sur un écran blanc de manière à y former un disque extrêmement brillant, on obtient en augmentant graduellement la quantité du précipité un changement successif et frappant de la couleur de cette lumière, jusqu'à ce qu'elle devienne d'un rouge profond, ressemblant à la teinte du soleil vu au travers de la fumée de Londres. Dans le fait la fumée joue en quelque sorte le rôle de la substance ténue en supension.

« Il est possible, par des moyens semblables, d'imiter les phénomènes de coloration du firmament. On parvient à reproduire sa teinte bleu pur, et à la faire varier comme dans la nature. Cette teinte laiteuse qui s'étend sur le ciel et qui nous permet de reconnaître une différence entre deux jours sans nuage, peut être obtenue avec la plus grande facilité ; on arrive aussi à imiter la lumière jaune, orange et rouge du matin et du soir. Ces effets ont tant de ressemblance qu'il est naturel de leur attribuer une origine commune, et de supposer que les couleurs du ciel sont dues à des particules minimes, diffusées dans l'atmosphère. Ces particules consistent sans doute en vapeur d'eau condensée, et leurs modifications en qualité et en quantité peuvent servir à expliquer la variabilité du bleu du firmament et des teintes rouges du matin et du soir. Le professeur Forbes, en outre, a fait cette observation intéressante que la vapeur d'une locomotive, à une certaine période de sa condensation, est bleue ou rouge, suivant qu'on la regarde à la lumière réfléchie ou à la lumière transmise.

« Ces considérations nous permettent de nous rendre compte de beaucoup de faits assez communs. Du lait en couche mince, versé sur une surface noire, paraît bleuâtre. Cependant le lait est sans couleur, c'est-à-dire que sa teinte bleue n'est pas due à l'absorption, mais à une *séparation* de la lumière sous l'influence des particules suspendues dans le liquide. C'est à la même cause que l'on doit attribuer la teinte bleue du jus de diverses plantes. Mais l'exemple peut-être le plus curieux de ce phénomène, est celui de la coloration des yeux bleus ; dans ce cas il n'y a pas d'absorption proprement dite, mais nous regardons au travers d'un milieu trouble (*muddy*)

la choroïde noire qui forme le fond de l'œil, et le milieu nous semble bleu[1].

« N'est-il pas probable que cette action d'une matière très-divisée peut avoir une influence sur la couleur des lacs de la Suisse, celui de Genève, par exemple. Ce lac forme simplement une expansion du fleuve le Rhône, qui prend sa source à la base du Glacier du Rhône comme l'Arveiron s'écoule de la Mer de glace. De nombreux autres courants d'eau se jettent, de droite et de gauche, dans le Rhône pendant son parcours, en lui apportant la partie la plus fine des débris de roche que les glaciers, dont ces tributaires dérivent presque tous, ont entraînés avec eux. Mais les glaciers doivent broyer ces débris en particules de toutes dimensions, et je ne puis m'empêcher de penser que les plus ténues d'entre elles doivent rester en suspension dans le lac sur toute sa longueur. M. Faraday a montré qu'un précipité d'or peut employer des mois pour se déposer au fond d'un flacon de cinq pouces seulement de hauteur, et, selon toute probabilité, il faudrait des siècles de calme pour que toutes les particules contenues dans le lac de Genève en atteignissent le fond. Certainement il vaudrait la peine d'examiner si ces particules suspendues dans l'eau contribuent à produire ce magnifique azur qui a excité l'admiration de tous ceux qui l'ont vu dans des circonstances favorables[2].

Nous avons la bonne fortune de pouvoir ajouter à ces considérations la note suivante que M. le professeur Colladon a bien voulu nous permettre de publier. Elle

[1] Helmholtz, *Das Sehen des Menschen.*
[2] *The Glaciers*, p. 259.

contient une observation intéressante, restée jusqu'ici inédite, et confirmant tout à fait les idées de M. Tyndall sur ce sujet.

« L'eau du lac de Genève, dit M. Colladon, a une teinte bleu indigo plus marquée que celle de presque tous les autres lacs de la Suisse.

« En été, quand les torrents qui s'y jettent grossissent par la fonte des neiges, cette teinte semble plus caractérisée. C'est surtout pour l'eau du Rhône, à sa sortie du lac, que ce phénomène de sur-coloration est sensible ; la plus grande profondeur de l'eau dans cette saison peut, sans doute, y contribuer pour quelque chose ; mais il est facile de se convaincre que cette cause n'est pas la principale, car en hiver les parties profondes n'ont pas la teinte décidée d'un bleu foncé qu'on observe en été dans toutes les parties du lit du fleuve, même celles où l'eau a une profondeur moyenne. Il est très-naturel d'admettre qu'en été l'eau du lac contient plus de matières terreuses impalpables en suspension, puisque les torrents qui s'y versent sont gonflés par la fonte des neiges et y versent un volume d'eau triple ou quadruple de celui que le lac en reçoit dans la saison d'hiver.

« Les travaux d'agrandissement du port de Genève, exécutés il y a quatre ou cinq ans, m'ont fourni l'occasion d'observer un fait qui semble prouver la puissante influence de certaines argiles en suspension pour colorer l'eau en bleu. J'ai fait part à cette époque, à la Société de Physique et d'Histoire naturelle de Genève, de cette observation que je vais résumer.

» L'eau du Rhône à sa sortie du lac coule sur un fond d'argile de couleur foncée ; elle se partage en deux bras

à peu près égaux séparés par l'Ile qui a été déjà rendue célèbre il y a 2000 ans par les Commentaires de César.

« Pendant les travaux auxquels j'ai fait allusion, on a dragué, à quelques centaines de mètres au-dessus de cette île, le fond glaiseux du lac, et la drague, placée tantôt près de la rive droite et tantôt près de la rive gauche, produisait toujours un effet très-remarquable de coloration sur l'eau du bras au-dessus duquel elle agissait. Cette eau prenait, par le simple effet du travail sur la glaise du fond qu'on extrayait, une couleur bleu indigo intense, très-légèrement louche et à fort peu près identique à celle qu'on observe en été. Tout près de là l'eau de l'autre bras qui avait coulé sur un fond de glaise non attaqué ou raffermi, ne présentait que la couleur vert bleu pâle que l'on remarque constamment en hiver. La conclusion la plus naturelle de cette observation, que j'ai pu vérifier en plusieurs occasions, tantôt d'un côté, tantôt de l'autre, est, il me semble, celle que j'ai exposée plus haut. »

III

Magnétisme des roches du Görner-Grat et du Riffelhorn.

Certaines roches qui contiennent du fer sont non-seulement magnétiques, mais encore aimantées. Les observations de ce phénomène ne sont pas nombreuses, particulièrement dans les Alpes ; aussi nous n'hésitons pas à reproduire ici celles que M. Tyndall a faites sur le Görner-Grat et le Riffelhorn, montagnes du groupe du Mont-Rose.

« . . . Je plaçai ma boussole sur un bloc de rocher pour déterminer la position du glacier de Görner, et je fus

frappé du fait que les indications de mon instrument et celle du soleil étaient en désaccord complet. C'était du côté du sud, facile à reconnaître d'après la position du soleil, que se dirigeait l'extrémité nord de l'aiguille aimantée. Je supposai d'abord que le fabricant avait par erreur renversé la place des lettres N et S. Mais je vis qu'en me transportant plus loin, l'aiguille de la boussole changeait de direction, et je reconnus immédiatement que cet effet était dû à la roche dont le Grat est formé. A certaines places, l'aiguille plongeait fortement ; ailleurs elle tournait subitement et accusait ainsi un changement complet dans la polarité. Le roc devait évidemment être considéré comme un assemblage d'aimants, ou comme un grand aimant plein de *points conséquents*. Dans certains cas, un déplacement d'un pouce seulement suffisait pour produire un renversement de la direction de l'aiguille. En promenant la boussole entre les deux parois d'une fissure du rocher ayant environ un pied de largeur, je voyais l'aiguille se placer tantôt parallèlement, tantôt perpendiculairement à la direction de la fissure. Quelquefois une saillie du rocher attirait la pointe nord de l'aiguille, tandis qu'une autre saillie, tout près de la première, attirait la pointe sud. L'une des extrémités d'une arête de trois pieds de longueur présentait le magnétisme nord et l'autre extrémité le magnétisme sud, tandis qu'au centre se trouvait un point neutre ; ainsi cette arête avait exactement la disposition polaire d'un barreau aimanté ordinaire. C'est au point le plus élevé du rocher que l'action paraissait être la plus intense, mais je trouvai aussi à une certaine distance au-dessous du sommet une masse dont la polarité était très-énergique.

« Me souvenant que M. le professeur Forbes avait

constaté un effet magnétique particulier sur le Riffelhorn, je me décidai à en faire l'ascension. Nous descendîmes du Grat et nous gravîmes les rochers qui forment la base du Riffelhorn ; ces rochers sont au toucher doux et savonneux à cause de la grande quantité de mica qu'ils contiennent, tandis que sur la partie la plus élevée de la montagne, la roche est dure et très-dense. Cette ascension, assez malaisée, forme un joli spécimen des exercices alpestres. Nous escaladions les parois de rocher, nous tournions les contreforts pour chercher les passages praticables. A mesure que nous montions, j'observais l'état magnétique des rochers ; je le trouvai généralement peu prononcé. A d'autres égards, le Riffelhorn constitue une masse remarquable. Le glacier de Görner s'élevait dans les temps anciens à des centaines, peut-être des milliers de pieds au-dessus de son niveau actuel ; dans sa descente, il rencontrait le Riffelhorn qui le divisait en deux, de sorte que la glace s'écoulait des deux côtés de la montagne. Certaines portions des parois verticales du pic ont été polies par cette action comme si elles étaient sorties des mains d'un lapidaire, et les stries sont aussi nettes et aussi fines que si elles avaient été tracées au burin. Je n'ai vu nulle part de stries aussi bien conservées : les lignes les plus légères sont aussi nettes que les plus profondes, ce qui provient sans doute de la grande densité et de la dureté de la pierre. Cette roche contient évidemment une grande quantité de fer, et près du sommet le peroxyde de fer donne à la surface une couleur d'un beau brun-rouge. Lorsque nous nous engageâmes complétement dans les parties d'une ascension difficile, nous abandonnâmes nos piques, nous confiant seulement à nos pieds et à nos mains. Puis en

grimpant, en glissant, en nous accrochant, en escaladant, nous atteignîmes au bout de quelque temps le sommet de la montagne.

« Une pile de pierres avait été élevée près du point où nous atteignîmes la crête supérieure. J'examinai les blocs dont cette pile était formée, et je les trouvai fortement polaires. Les rochers environnants exerçaient une action puissante sur l'aiguille aimantée qui oscillait rapidement et quelquefois se retournait brusquement quand on changeait légèrement la position de la boussole. Les fragments de rochers détachés étaient également polaires. De longues arêtes possédaient le magnétisme nord sur une longueur considérable, et le magnétisme sud sur une longueur égale. Deux masses parallèles, séparées l'une de l'autre par une fissure, présentaient la même distribution de magnétisme. Pendant que je faisais ces observations à l'une des extrémités de la crête supérieure de la montagne, Lauener, mon guide, avait atteint l'autre extrémité où se trouvaient deux ou trois de ces piles de cailloux, appelées *hommes de pierre*. Il commençait à en démolir une ; je le hêlai vivement : l'idée m'était venue que le magnétisme de la montagne avait été développé par la foudre, et je voulais examiner les points les plus exposés aux décharges de l'électricité atmosphérique ; de là, l'importance que j'attachais à ce que mon guide ne touchât pas aux pierres. Je me dirigeai jusqu'à l'autre extrémité en examinant les rochers sur ma route. Deux proéminences délitées sous les injures du temps, et qui paraissaient, suivant toute probabilité, recevoir quelquefois la foudre, exerçaient une action énergique sur l'aiguille aimantée. Une ou deux fois je descendis de quelques pas au-dessous de la crête supérieure, et je trouvai

que l'action des rochers était beaucoup plus faible qu'au sommet. En atteignant une autre saillie très-proéminente, je trouvai que son extrémité présentait une polarité nord bien définie, mais à une certaine distance de la pointe, il y avait un groupe de points conséquents, au milieu desquels il suffisait de déplacer la boussole de quelques pouces pour obtenir un renversement complet de l'aiguille.

« Les piles de pierres, situées à l'extrémité de la crête du côté de Zermatt, ne paraissaient pas aussi fortement polarisées que celles de l'autre extrémité qui est plus élevée ; cependant quelques points du rocher étaient fortement magnétiques. Après avoir fait un examen complet du sommet, je descendis en examinant l'état magnétique à mesure que j'avançais. Il me parut que les proéminences saillantes étaient toujours les plus fortement magnétiques ; et même je ne me rappelle pas d'un seul cas où l'on n'observât pas une forte action aux bords des terrasses dont la montagne est formée. Dans tous les cas, le rocher agissait comme le ferait un grand nombre d'aimants groupés confusément, et non pas comme si sa masse entière eût été douée d'un magnétisme unique.

« Le soir du même jour j'examinai la croupe inférieure du Riffelhorn. En errant parmi les fissures et les couloirs, il semble que l'on soit dans les ruines d'un vaste château fortifié ; les précipices ressemblent à des murailles dont le poli et les stries paraissent faits de mains d'homme. Je reconnus une action polaire évidente dans quelques-uns des rocs inférieurs. Dans une même masse continue, l'action ne se manifestait quelquefois que sur un espace restreint, tandis que le reste n'exerçait aucun effet appréciable. Quelques-uns des fragments tombés du sommet présentaient une polarité forte et variée.

« ... M. Forbes, comme je l'ai déjà dit, a le premier fait mention de l'effet que le Riffelhorn produit sur l'aiguille aimantée; mais il semble avoir supposé que la masse entière de la montagne exerce une *action locale* sur l'aiguille aimantée (il ne dit pas sur quelle extrémité). Pour mettre les observateurs futurs à même d'étudier cette attraction, il a pris à la boussole les directions de quelques-unes des montagnes entourant le Riffelhorn ; mais il aurait certainement trouvé des directions complétement différentes s'il avait changé la position de sa boussole de quelques pieds, peut-être de quelques pouces seulement. La distribution irrégulière des points conséquents et leur proximité les uns des autres empêchent le Riffelhorn d'exercer une influence appréciable sur une aiguille éloignée, car dans ce cas, les effets des pôles locaux se neutralisent mutuellement.[1] »

IV

Sur un phénomène lumineux.

Lorsque le soleil est sur le point d'apparaître derrière une montagne, les arbres situés sur la crête s'illuminent en blanc d'une manière très-remarquable. Ce phénomène, quoique facile à observer, n'a été que rarement étudié. M. Tyndall reproduit dans son ouvrage une lettre de L.-A. Necker adressée à M. Brewster sur ce sujet; comme, à notre connaissance du moins, ces observations n'ont pas encore été publiées en français, nous pensons qu'on en accueillera avec intérêt la traduction suivante[2] :

[1] *The Glaciers*, p. 140.

[2] La mort récente de Louis-Albert Necker, professeur à l'académie

« J'arrive maintenant, dit Necker, au phénomène dont vous m'avez demandé la description, c'est-à-dire l'apparence lumineuse des arbres, des arbrisseaux, des oiseaux, etc., quand on les regarde du pied d'une montagne un peu avant le lever du soleil. Le désir que j'avais de revoir ce phénomène avant de tenter de le décrire, m'a déterminé à retarder ma lettre de quelques jours et à attendre un beau jour pour aller au mont Salève ; je m'y suis rendu hier, j'ai observé le fait, et pour en rendre l'intelligence plus facile, j'en ai fait un dessin dont je vous envoie une copie (Voyez Pl. I, fig. 3) accompagnée d'une coupe (fig. 4), qui vous donnera, j'espère, une idée correcte du phénomène. Vous devez vous représenter que l'observateur est placé au pied d'une colline interposée entre lui et la place où le soleil va se lever, et que par conséquent il est complétement dans l'ombre ; le bord supérieur de la montagne est couvert de bois, d'arbres isolés, de buissons, se projettant en noir sur

de Genève, est pour nous un motif de plus de reproduire un des travaux de ce savant si remarquable par l'exactitude de ses observations, et qui, malheureusement, avait du renoncer il y a longtemps déjà à la vie scientifique active : l'état de sa santé l'avait obligé à quitter Genève et à se retirer dans l'ile de Skye, une des Hébrides, où il est mort en novembre 1861. Nous ne pouvons rappeler ici les publications snr la géologie, l'histoire naturelle, la physique, par lesquelles il s'était acquis une réputation justement méritée ; le *Journal de Genève* (28 novembre 1861), et la *Revue de Zoologie* (1861, n° 12), ont déjà esquissé les principaux traits de sa carrière ; la prochaine livraison des *Mémoires de la Société de Physique et d'Histoire naturelle de Genève* contiendra une notice plus étendue sur sa vie ; enfin nous croyons savoir que M. le professeur Forbes prépare également un travail biographique sur notre compatriote qui était vivement apprécié en Écosse.

le ciel qui est très-brillant, excepté à la place même où le soleil va apparaître, car à cet endroit tous les arbres et les buissons situés sur la crête (branches, feuilles, tronc, etc.) sont entièrement d'un blanc pur et brillant; ils paraissent éclatants et lumineux quoiqu'ils se projettent sur un ciel lui-même déjà brillant et éclairé, comme c'est toujours le cas dans le voisinage du soleil. Tous les plus petits détails, les feuilles, les tiges, etc., sont délicatement dessinés, et l'on pourrait se figurer que ces arbres et ces forêts sont faits du plus pur argent avec tout le talent d'un habile artiste. Les hirondelles ou les autres oiseaux qui volent à cette place, apparaissent comme des étincelles du blanc le plus brillant. Malheureusement, tous les détails qui ajoutent tant à la beauté de ce splendide phénomène, ne peuvent pas être représentés dans de petits dessins.

« L'heure du jour à laquelle on observe, non plus que l'angle sous lequel on voit ces objets, ne paraissent avoir aucune influence sur l'effet produit. Quelquefois j'ai vu ce phénomène le matin de bonne heure; hier il était 10 heures avant midi, quand je l'ai observé tel qu'il est représenté dans la figure 3. Je l'ai vu de nouveau vers 5 heures après-midi et à différentes places de la montagne, lorsque le soleil venait de disparaître derrière elle. Dans un cas la hauteur du buisson illuminé au-dessus de l'horizon était de 20° environ; ailleurs elle était de 15° seulement. Mais l'extension du champ d'illumination est variable suivant la distance à laquelle le spectateur en est placé. Quand l'objet, derrière lequel le soleil va apparaître ou vient de se cacher, est très-rapproché, on n'observe point cet effet. Dans le cas représenté dans les figures 3 et 4, la distance en ligne droite MT était

d'environ 194 mètres ou 636 pieds anglais, l'altitude PT au-dessus du specteur était de 60 mètres, et la ligne horizontale MP menée au point de projection était de 160 mètres.

« Dans ce cas de petits buissons ainsi que la moitié inférieure du tronc d'un arbre étaient illuminés en blanc, et l'espace auquel cet effet s'étendait horizontalement était relativement petit. Dans d'autres positions, lorsque j'étais très-près de la crête au-dessus de laquelle le soleil allait apparaître, l'effet ne se produisait pas. Au contraire, lorsque j'ai été témoin de ce phénomène pour des distances plus grandes, comme cela m'est arrivé précédemment soit au mont Salève soit dans les Alpes, de larges régions de forêts, d'immenses sapins étaient entièrement illuminés et blancs comme j'ai cherché à le représenter dans la figure 4, et dans la coupe correspondante (fig. 6). Rien n'est comparable à la beauté de ces forêts de sapins qui semblent d'argent. En même temps, quoiqu'à une distance de plus de mille mètres, une grande quantité de grandes hirondelles ou martinets (*Cypselus alpinus*) qui vivent dans ces hauteurs, apparaissaient comme des étoiles ou des étincelles se mouvant rapidement dans les airs. D'après ces faits, il me semble évident que l'étendue des places illuminées varie proportionnellement à leur distance ; mais en même temps il doit y avoir un espace angulaire constant, correspondant probablement à une zone de quelques minutes ou d'un degré autour du soleil, qui limite l'étendue de cette apparence. Cela expliquerait comment l'espace réel qu'elle occupe sur le terrain varie avec la distance relative de l'observateur, et pourquoi ce phénomène n'est pas visible dans les contrées plates où souvent j'ai inutilement cherché à l'apercevoir.

« Maintenant que vous êtes au fait des circonstances dans lesquelles il se manifeste, je ne doute pas que vous ne parveniez facilement à l'observer dans vos collines d'Écosse où des genêts et de hautes bruyères joueront le rôle de nos forêts alpestres ; je vous conseillerais d'essayer de placer dans la position convenable une ruche d'abeilles qui représenteraient parfaitement nos hirondelles, nos étincelles et nos étoiles. »

M. Necker, non plus que M. Tyndall, ne donne pas l'explication de ce phénomène ; nous croyons que l'on peut en rendre compte bien simplement par la réflexion des rayons lumineux. Les feuilles d'un sapin, par exemple, les aspérités de l'écorce et de ses branches, peuvent être considérées comme formant une multitude de petits cylindres dirigés dans tous les sens et dont la surface réfléchit la lumière : par conséquent il doit y avoir une multitudes de rayons solaires renvoyés dans la direction de l'observateur. — L'irradiation achève de rendre lumineuse la totalité de l'arbre. C'est pour cette dernière raison que, lorsque la crête qui cache le soleil est très-rapprochée de l'observateur, le phénomène cesse d'être visible, parce qu'alors les feuilles, les branches, etc., sous-tendent un angle trop considérable pour que la lumière réfléchie sur les bords de ces corps paraisse les envahir entièrement par irradiation. Cette illumination ne se produit que sur les objets situés à une petite distance angulaire du soleil, parce que la substance dont ils sont formés n'est pas très-réfléchissante et que ce ne sont que les rayons rasants, ceux dont l'angle d'incidence est très-grand, qui sont régulièrement réfléchis sans que l'absorption en diminue trop l'intensité. — En somme, ce phénomène nous paraît être, en grand, identique à ce-

lui que l'on observe lorsqu'on interpose entre une lumière et l'œil un corps velu, tel qu'une fourrure ou une étoffe de laine peu serrée : si l'on se place de manière que la lumière soit à peine cachée, les aspérités et les poils du bord de l'objet qui sert d'écran, paraissent blancs et éclairés dans le voisinage de la lumière.

Nous ajouterons que nous avons eu nous-même plus d'une fois l'occasion d'observer ce phénomène dans les montagnes ; il se manifeste aussi, quoique avec moins d'intensité, lorsque c'est la lune et non le soleil qui va faire son apparition derrière un bois. — La lumière de l'auréole éclatante ne nous a pas paru sensiblement polarisée.

V

Sur le mouvement des glaciers.

Arrivons maintenant au sujet principal des travaux de M. Tyndall, à ses recherches sur les glaciers.

Nous trouvons d'abord des observations intéressantes et instructives sur le mouvement de ces immenses fleuves de glace.

Le procédé par lequel M. Tyndall a étudié leur déplacement progressif ne présente pas de particularité saillante. On choisit sur la rive du glacier une position convenable ; l'on y place un théodolite à l'aide duquel on détermine une ligne droite traversant le glacier et sur laquelle des aides vont placer une série de jalons en les enfonçant dans la glace. Au bout d'un temps plus ou moins long, on mesure le déplacement de chacun de ces jalons et par conséquent le mouvement des

points où ils étaient plantés. — Cette opération peut être répétée sur différentes sections du glacier.

En procédant ainsi ou d'une manière analogue, M. Agassiz, M. Forbes et d'autres observateurs avaient reconnu que le mouvement est très-variable, et qu'il dépend de l'inclinaison, de la largeur du glacier, etc. Ils avaient constaté que les parties centrales s'avancent plus rapidement que les parties latérales, en d'autres termes que les rives du glacier exercent une influence retardatrice sur sa marche.

M. Tyndall, à son tour, a déterminé le mouvement de la Mer de glace de Chamounix sur un assez grand nombre de lignes transversales. Ses mesures ont généralement confirmé les observations qui avaient été faites avant lui; mais, de plus, il a mis en évidence un fait nouveau et important. Il consiste en ce que ce n'est pas toujours le jalon placé sur la ligne médiane du glacier, c'est-à-dire à égale distance des deux rives, qui se meut le plus rapidement : lorsque la vallée qui forme le lit du glacier est sinueuse, le point de maximum de mouvement s'écarte du centre, et se rapproche de la rive vers laquelle est tournée la convexité de la vallée.

On observe ce fait sur la Mer de glace qui est formée, comme on le sait, de la réunion de plusieurs glaciers s'écoulant dans une vallée sinueuse dont la direction générale est approximativement du sud au nord. En face du promontoire de Trélaporte, cette vallée s'infléchit vers l'ouest, en sorte que sa convexité est tournée du côté de l'est; en ce point la partie du glacier dont le mouvement est le plus rapide est plus rapprochée de la rive est que de la rive ouest. Plus bas, en face du passage des Ponts, la vallée s'infléchit en sens inverse et

le point de maximum de mouvement se trouve de l'autre côté de la ligne médiane, c'est-à-dire plus près de la rive occidentale. Plus bas encore, vis-à-vis du Montanvert, la courbe a changé de nouveau : elle tourne sa convexité du côté de l'est, et c'est aussi de ce côté de la ligne médiane que l'on observe le maximum de mouvement.

Citons quelques chiffres. En face du passage des Ponts le glacier a une largeur exprimée par 3925 chaînons de la chaîne qui servait aux mesures. Or, le point de déplacement maximum se trouve plus rapproché de 1131 chaînons de la rive ouest que de la rive est. On se rendra encore mieux compte de la nature du mouvement par l'inspection du tableau suivant, dans lequel les chiffres placés sur chacune des lignes horizontales se rapportent à deux points *correspondants*, c'est-à-dire situés à égale distance l'un de la rive occidentale, l'autre de la rive orientale.

OUEST.		EST.	
N° du jalon.	Déplacement en 24 h.	N° du jalon.	Déplacement en 24 h.
17	15 pouces.	3	$12^1/_2$ pouces.
16	$17^1/_4$ »	4	$15^1/_4$ »
15	$22^1/_4$ »	5	$15^1/_2$ »
13	$23^3/_4$ »	7	$18^1/_4$ »
12	$23^1/_4$ »	9	$19^1/_2$ »

On voit qu'en somme la moitié ouest du glacier se meut plus rapidement que la moitié est.

Au contraire, sur la ligne de Trélaporte, où la largeur du glacier est de 4075 chaînons, le point de mouvement maximum est plus rapproché de 415 chaînons de la rive orientale que de la rive occidentale, et l'on a les chiffres suivants pour les points correspondants.

OUEST.		EST.	
N° du jalon.	Déplacement en 24 h.	N° du jalon.	Déplacement en 24 h.
5	$12^3/_4$ pouces.	14	$14^3/_4$ pouces.
4	15 »	12	$17^1/_2$ »
7	$17^1/_4$ »	10	19

C'est donc ici le côté oriental dont le mouvement est le plus rapide.

M. Tyndall formule de la manière suivante la loi qui découle de ces observations : *Quand un glacier se meut dans une vallée sinueuse, le lieu des points de mouvement maximum ne coïncide pas avec une ligne tracée le long du centre du glacier, mais il est toujours situé du côté convexe de la ligne centrale. Il forme donc une courbe d'une plus grande sinuosité que la vallée elle-même, et il croise l'axe du glacier à chaque point de changement de courbure.*

On remarquera que cette loi est identique à celle du mouvement des rivières dans un lit sinueux.

De même que les parois latérales, le fond du lit du glacier exerce aussi une action retardatrice sur le mouvement. Ce fait avait été prévu *a priori* par M. Forbes, qui l'avait confirmé plus tard par ses observations. M. Martins était arrivé aussi au même résultat. Toutefois, l'on avait émis quelques doutes sur sa réalité. M. Tyndall a donc soumis cette question à un nouvel examen. Ses expériences ont été faites sur une paroi de glace presque verticale, qui formait le flanc oriental du glacier du Géant, près du Tacul. Sa hauteur était de 140 pieds environ. M. Hirst, ami et assistant de M. Tyndall, plaça d'abord deux jalons, l'un au haut de cette paroi à pic, et l'autre en bas. Au bout de deux jours on reconnut que

le jalon supérieur avait avancé de $12 \frac{1}{2}$ pouces, tandis que les jalons inférieurs ne s'étaient déplacés que de 6 pouces. Mais il restait quelque incertitude sur ce dernier chiffre, parce que la chute continuelle des pierres au fond de ce précipice rendait les mesures très-dangereuses, et obligeait d'opérer à la hâte. M. Tyndall désirait vivement éclaircir complétement ce point, en sorte qu'il plaça lui-même trois nouveaux jalons, l'un en haut, le second au bas de la paroi et le troisième au milieu en un point où l'on ne pouvait parvenir qu'en taillant des marches dans la glace. Ce ne fut que neuf jours plus tard que le temps permit d'effectuer la mesure pour laquelle il fallait recommencer la même périlleuse opération. On trouva les nombres suivants pour le déplacement en 24 heures, calculé d'après le déplacement total pendant les neuf jours.

Jalon supérieur	6,00 pouces.
Jalon intermédiaire	4,59
Jalon inférieur	2,56

C'est en 1859 qu'avaient été faites les observations dont nous venons de parler. M. Tyndall fit un voyage à la Mer de glace dans l'hiver de 1859 à 1860 et il mesura de nouveau le mouvement du glacier à la fin du mois de décembre, avec une précision que les rares observations faites précédemment dans cette saison étaient bien loin d'atteindre.

Sur une première ligne transversale située à 80 mètres environ au-dessus de l'hôtel du Montanvert, il trouva pour le maximum de déplacement en 24 heures, $15 \frac{3}{4}$ pouces ; or en été, ce déplacement atteint 30 pouces environ. De plus, il reconnut que le point de maximum de

mouvement se trouve, comme en été, au delà de la ligne médiane, du côté est.

Les observations faites sur une seconde ligne transversale, à 130 mètres environ au-dessous du Montanvert, ont donné des résultats analogues. Toutefois, le maximum de mouvement était de $1^3/_4$ pouce plus considérable que sur la première ligne. Le glacier devait donc être dans un état de tension entre ces deux lignes, et, en effet, on remarquait qu'il était sillonné de fissures transversales.

Le mouvement des glaciers a été attribué à différentes causes. M. Tyndall analyse longuement les théories que l'on a proposées et particulièrement celle de la viscosité. Nous ne le suivrons pas dans cette discussion qui est déjà en grande partie connue de nos lecteurs ; nous nous bornerons à mentionner quelques observations nouvelles qu'il donne comme preuve de la non-viscosité du glacier, c'est-à-dire de l'impossibilité d'admettre qu'il puisse céder à une tension.

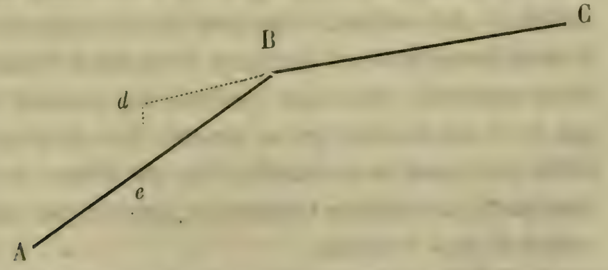
En premier lieu M. Tyndall a étudié, plus complétement qu'il ne l'avait fait lors de la publication de son premier mémoire, ce qui concerne la formation des crevasses [1]. Il montre que ces fissures commencent par être excessivement étroites, et qu'elles s'ouvrent progressivement avec une grande lenteur. Il rapporte que se trouvant un soir avec M. Hirst sur le Glacier du Géant, ils entendirent tout à coup un son, une sorte d'explosion, dans le corps du glacier exactement au-dessous d'eux, puis une succession de forts craquements accompagnés d'un bruit bas et

[1] Voyez *Archives*, t. II, p. 208.

presque musical. La glace continua à craquer pendant une heure; mais, malgré cette preuve évidente de sa rupture, il fut impossible pendant longtemps de découvrir aucune trace de fissure. Enfin le dégagement de bulles d'air à la surface dévoila la place et la direction de la crevasse rudimentaire, qui était si étroite que l'on ne pouvait y introduire la pointe d'un canif. Cette observation et d'autres semblables, montrent que les crevasses se forment brusquement, mais qu'elles s'ouvrent lentement, ce qui ne pourrait avoir lieu si la substance du glacier était susceptible d'extension, c'est-à-dire si elle était visqueuse. . . . .

L'examen des parties du glacier où se forment les crevasses transversales conduit à la même conclusion. M. Tyndall a déterminé avec soin la pente des différentes portions de la Mer de glace et de ses tributaires, et il a constaté qu'à tous les points où l'inclinaison augmente le glacier se crevasse et se brise. C'est ainsi que la glace qui est compacte jusqu'au Montanvert, en atteignant la dernière grande pente du Glacier des Bois se brise en masses confusément entassées.

« Dans la figure ci-jointe, dit M. Tyndall, j'ai représenté l'inclinaison de cette cascade de glace et de la



partie du glacier située au-dessus. La partie B C fait avec l'horizon un angle de 5° 10′, et la partie A B un angle

de 22° 20′. Si l'on suppose que la glace continue à s'avancer, dans la direction qu'elle suivait avant d'arriver à la chute, on voit qu'au bout d'un certain temps elle atteindrait le point *d* ; mais elle ne possède pas une rigidité suffisante pour que cela ait lieu, et la masse descend en *e*. Or, si la viscosité de la substance était la cause de la descente de B en *d*, on peut croire que cette propriété devrait permettre à la masse de descendre de *d* en *e* sans se rompre. Mais il n'en est pas ainsi, et sur la pente B A il se forme une cascade de fragments de glace. Ce fait est une preuve de plus de la non-viscosité de la substance. » — Il n'est, du reste, pas besoin d'un changement d'inclinaison aussi brusque que dans le cas qui vient d'être mentionné, pour produire la rupture de la glace; une augmentation de 5° seulement dans la pente détermine déjà une dislocation très-grande.

Voici comment l'auteur résume cette discussion :

« Deux ordres de faits attirent l'attention de l'observateur qui étudie les glaciers d'une manière générale, l'un est entièrement d'accord avec l'idée de la viscosité, l'autre en opposition complète. Les partisans et les adversaires de la théorie de la viscosité ont peut-être été trop exclusivement frappés par l'une ou l'autre de ces classes de phénomènes. L'analyse des faits montre que là où la pression est en jeu, on a des preuves d'une viscosité apparente; mais que c'est tout le contraire lorsque c'est une tension qui se produit. Ces deux genres d'effet sont aussi incontestables l'un que l'autre et, par conséquent, la véritable théorie des glaciers doit rendre compte de tous les deux.

« Quand la neige tombée sur les hauteurs se mouille pour la première fois, elle devient plus grossièrement

granulaire; les granules se touchent en laissant entre eux des interstices remplis d'air et d'eau. A mesure que des couches successives viennent comprimer la masse, les granules sont de plus en plus serrés les uns contre les autres; à leurs points de contact, il se produit des phénomènes de rupture et de liquéfaction, auxquels le regel succède; l'eau et l'air sont successivement exprimés, et la masse se consolide. Quoique fortement comprimée, chaque portion intérieure de la glace est entourée de tous côtés par une masse résistante; elle est donc forcée de céder très-graduellement à la pression, et elle se meut très-lentement le long de la vallée d'écoulement. Jusqu'ici, par conséquent, les apparences extérieures sont exactement les mêmes que si elles résultaient de la viscosité.

« Mais lorsqu'une force de tension vient à s'exercer, il en est tout autrement. Il n'y a pas dans la substance cette mobilité interne qui caractérise un corps vraiment visqueux, et qui permet à une molécule de glisser autour d'une autre sans s'en séparer, ou à une particule d'avancer tandis qu'une autre glisse lentement pour venir prendre la place de la première; donc la seule manière dont un corps de cette nature puisse céder à l'effort d'une tension, c'est la rupture, et la fissure qui se forme s'élargit tant que la force qui l'a produite continue à agir. »

VI

Sur la structure veinée des glaciers.

La structure veinée ou laminaire des glaciers a été souvent décrite. Elle consiste en ce que la glace dont ils

sont formés, et dont la couleur est généralement blanche à cause des bulles d'air qu'elle contient, est traversée, à certaines places, par d'innombrables veines parallèles, plus limpides, plus transparentes et présentant presque toujours une belle teinte bleue.

Cette constitution remarquable avait déjà été l'un des points que M. Tyndall avait particulièrement examinés dans son premier séjour sur la Mer de glace, et dans le mémoire qu'il avait publié conjointement avec M. Huxley [1], il avait attribué, avec quelque réserve peut-être, le développement de cette structure à la pression que subit la glace en certaines parties de son cours. — La constitution laminaire du glacier présente en effet une analogie évidente avec le clivage des roches schisteuses qui a dû son origine à une compression énergique. M. Tyndall avait montré de plus, dans un mémoire sur les propriétés physiques de la glace [2], qu'un cylindre de glace soumis à une forte pression entre deux planchettes en bois dur prend une structure laminaire perpendiculaire à la direction de la force qu'il subit. D'autres corps, tels que la cire blanche, présentent la même propriété. Or, dans ses observations sur la Mer de glace, l'auteur avait trouvé que les veines du glacier étaient aussi constamment dirigées à angle droit avec la ligne suivant laquelle s'exerce la pression.

Toutefois, M. Tyndall ne se sentait pas convaincu par l'étude détaillée d'un seul groupe de glaciers ; il se décida donc à entreprendre, dans l'année 1858, une excursion plus étendue. Il visita successivement les glaciers de Grin-

[1] Voy. *Archives*, t. II, 1858, p. 210 et suivantes.
[2] Voy. *Archives*, t. I, 1858, p. 9.

delwald, de l'Aar, du Rhône, de l'Aletsch, du Mont-Rose et du Mont-Blanc. Nous ne pouvons rapporter ici toutes ses observations qui montrent l'accord le plus frappant entre les faits et la théorie par laquelle il les explique : partout où la structure veinée se manifeste, c'est que la glace a subi une pression, et partout la direction de la structure est perpendiculaire à la pression. Citons un seul exemple, celui du Glacier inférieur de Grindelwald.

Si l'on s'avance sur ce glacier, au point de jonction des tributaires qui descendent de la Strahleck et des Vieschерhörner, on arrive à un point où une cascade de glace empêche d'aller plus avant ; mais en gravissant le flanc de la montagne, on atteint une position dominante d'où l'on peut très-bien se rendre compte de la structure veinée et de son origine. Le glacier, en descendant du névé qui l'alimente, parvient au sommet de la cascade et traverse, en se brisant, ce point où son inclinaison change brusquement. Il continue à descendre sous la forme de blocs entassés séparés par des crevasses. A mesure qu'il approche de la base de la pente, les angles saillants de ces masses disloquées paraissent s'effacer, et un peu au-dessous du pied de la cascade, ils dégénèrent en protubérances arrondies qui forment des courbes sur le glacier. Au milieu de la cascade, on n'aperçoit pas trace de structure veinée ; au bas de la chute, elle commence à apparaître ; elle devient de plus en plus prononcée, et finalement, à une petite distance au-dessous, l'œil distingue facilement cette structure qui se manifeste à la surface par des rainures transversales à la direction du glacier et qui se retrouve également avec la plus grande netteté dans les portions intérieures situées au-dessous de la

surface. — Que se passe-t-il dans cette grande expérience naturelle? La glace au bas de la cascade a à supporter tout le poids de la masse descendante, et de plus comme le glacier change brusquement d'inclinaison, sa partie supérieure doit nécessairement être soumise à une forte compression qui s'exerce dans la direction même de son mouvement: l'écrasement des protubérances, la disparition des vides qui séparaient les blocs, sont un effet évident de cette force puissante. Or, c'est exactement à la place où elle l'exerce que la structure prend naissance, et que le glacier se stratifie, le plan des lames étant à angle droit avec la direction de la compression. Cette structure, une fois développée, se conserve dans les parties inférieures.

Dans le cas que nous venons de mentionner, la structure est transversale parce que la pression qui l'a produite est longitudinale. Mais si un accident dans la forme de la vallée, la rencontre de deux tributaires, ou toute autre cause, détermine une compression dans une direction différente, la structure se manifeste encore, seulement elle n'est plus transversale au glacier, elle est perpendiculaire à la force productrice.

Les observations de M. Tyndall sont si multipliées qu'il ne peut guère rester de doute à l'égard de sa théorie, surtout si l'on tient compte du fait que la structure, une fois produite, se maintient et persiste dans la glace, tant qu'une nouvelle compression énergique ne vient pas la modifier.

On a tenté de donner d'autres explications de cette constitution laminaire; on avait avancé, par exemple, que les veines de glace limpide provenaient de ce que les

fissures du glacier se remplissaient d'eau qui se gelait en hiver. On a pu voir dans le premier mémoire de M. Tyndall que cette théorie n'est pas conforme aux faits [1]. M. Forbes, qui l'avait admise d'abord, l'a abandonnée plus tard.

Une autre explication que l'on a proposée et qui, à première vue, se présente naturellement à l'esprit, consiste à admettre que cette structure est une véritable stratification, c'est-à-dire qu'elle est due au dépôt successif des couches primitives de neige sur les hauts plateaux, et que cette stratification persiste et continue à se manifester jusqu'à la base des glaciers. M. John Ball a soutenu récemment cette manière de voir.

Or les arguments que M. Tyndall donne contre son exactitude paraissent tout à fait décisifs. L'apparence générale de la structure veinée, le fait qu'elle se produit surtout après une cascade du glacier, sont déjà bien difficiles à concilier avec l'hypothèse de la *stratification*. Mais voici des preuves encore plus convaincantes.

En premier lieu, si l'on prend le Glacier du Géant comme exemple, on observe que dans les pentes du Col du Géant la neige est stratifiée horizontalement, c'est-à-dire que l'on reconnaît visiblement, dans les fissures, les couches superposées correspondant à diverses chutes de neige. On peut suivre les traces de cette constitution jusqu'au sommet de la grande cascade de glace entre le Rognon et l'Aiguille noire, et les masses ou les blocs, que l'on appelle *séracs*, sont encore nettement stratifiés horizontalement. Au-dessous de la chute, la structure laminaire est évidente, et sur toute la longueur du glacier

[1] Voy. *Archives*, 1858, t. II, p. 212 et suivantes.

elle est très-approximativement verticale. Comment supposer que les couches qui étaient horizontales au haut de la cascade, se trouvent disposées après leur chute et après leur dislocation, de manière à être régulièrement et partout verticales ?

En second lieu M. Tyndall a trouvé des exemples de masse de glaces où l'on pouvait distinguer à la fois les traces de la stratification et de la structure laminaire, formant entre elles un angle considérable. Les figures 7 et 8 représentent des cas de ce genre.

On a aussi cherché à expliquer le phénomène dont nous nous occupons, par la différence de mouvement des diverses portions du glacier, différence qui doit produire un glissement des particules les unes sur les autres ; la structure laminaire serait le résultat ou la trace de ce glissement. Le fait que la structure est, en général, mieux développée près des bords du glacier, c'est-à-dire dans les points où la différence de mouvement des couches adjacentes est la plus grande, a sans doute donné la première idée de cette théorie. Mais si elle était exacte la direction des veines devrait être parallèle aux rives du glacier ; au contraire on observe qu'elle est généralement oblique [1], et quoique l'on ait fait des tentatives pour en rendre compte, on ne comprend pas pourquoi les veines s'étendent en coupant les lignes de maximum de glissement. On ne peut admettre l'analogie que l'on a cherché à établir entre cette direction oblique de la structure et la direction oblique des vagues produites sur

[1] La structure qui est presque toujours transversale lors de sa formation au bas d'une cascade, devient oblique aux rives du glacier à cause du mouvement plus rapide du centre.

une rivière par les aspérités des bords, car ce dernier phénomène est une conséquence de la propriété que possède l'eau de propager des ondes, propriété dont il est impossible d'admettre l'existence chez la glace.

En résumé la théorie de la pression comme cause productrice de la structure veinée, nous paraît satisfaisante. Elle est conforme aux expériences faites sur de petits échantillons aussi bien qu'à l'observation des glaciers naturels. Nous rencontrerons au reste tout à l'heure quelques preuves nouvelles de son exactitude. — Quant à la manière dont on peut concevoir qu'une compression énergique détermine la lamination ou le clivage de la masse qui lui est soumise, nous n'y reviendrons pas ici, et nous renverrons nos lecteurs aux mémoires que nous avons déjà souvent cités [1].

VII

Sur les sutures de glace blanche.

M. Tyndall a observé, particulièrement sur le Glacier du Géant, un système remarquable de bandes s'étendant transversalement au glacier et parallèlement à la structure veinée ; il leur donne le nom de *sutures de glace blanche* (white ice-seams). Ces bandes, en effet, sont formées d'une glace blanche, dure, et plus résistante que le reste de la masse ; dans certains cas elles s'élèvent de trois ou quatre pieds au-dessus de la surface du glacier ; elles pénètrent dans son intérieur à une profondeur limitée. La figure 9 représente les sections de deux de

[1] *Archives*, 1858, t. I, p. 9 ; t. II, p. 215.

ces veines, qui avaient environ 15 pieds de profondeur, et qui ont été observées sur la paroi d'une crevasse.

M. Tyndall est parvenu à découvrir l'origine de ces sutures : elles proviennent de l'accumulation de neige dans les canaux que les eaux se sont formés en été à la surface du glacier. Au-dessous des cascades du Talèfre et du Rognon, on remarque que la surface du glacier est ondulée, et sur les parois des crevasses on peut reconnaître que la structure veinée est influencée par ces rides. Quelques sections de ces ondulations sont représentées dans les figures 10 à 13 où les hachures indiquent la direction de la structure : on voit qu'elle est toujours sensiblement normale à la surface. La figure 13 représente la section longitudinale d'une portion du glacier où ces rides étaient très-marquées ; dans chacune des parties déprimées, on observait une suture de glace blanche *aa* qui coupait la continuité de la structure. C'est, en effet, le long de ces petites vallées existant entre deux rides adjacentes, que s'écoule l'eau provenant de la fusion de la surface, et les ruisseaux se creusent à cette place de profonds canaux, dont l'apparence et la forme sont tout à fait semblables à celles des sutures de glace blanche. Il était donc naturel de supposer que ces dernières proviennent de la neige accumulée en hiver dans ces canaux et convertie en glace par la pression et une fusion partielle. — Un examen très-détaillé a complétement confirmé cette hypothèse.

Le Glacier du Géant est dans toute sa longueur soumis à une compression longitudinale, c'est ce qui est démontré par les mesures de son mouvement à différentes places. Il en résulte que la neige qui se trouve accumulée dans ces fissures creusées par l'écoulement de

l'eau, se trouve, pour ainsi dire, entre les deux mâchoires d'un grand étau de glace. Or un fait très-intéressant et qui donne une preuve très-forte à l'appui de la théorie de M. Tyndall sur la structure veinée, c'est que la glace dont les sutures sont formées, même au centre du glacier, présente cette constitution de la manière la plus marquée. Il est évident que là ce n'est ni une stratification antérieure, ni un glissement des particules les unes sur les autres qui peut avoir déterminé la structure.

La formation de ces ondulations entre lesquelles se trouvent les sutures de glace blanche, la direction surtout des veines dans les sections de ces rides, accusent aussi des différences de déplacement dans les diverses parties du glacier; de sorte qu'un mouvement local peut se superposer au mouvement général de la masse.

VIII

Sur les petites cavités que présente la glace des glaciers.

La glace des glaciers contient de petites cavités, ou de petites bulles qui, en général, sont aplaties et non pas sphériques. D'après M. Agassiz, dans les parties supérieures et voisines des névés les bulles sont rondes; mais elles se dépriment successivement, et dans les parties inférieures du glacier elles sont si plates que, lorsqu'on les regarde de profil, elles pourraient être prises pour des fissures. De plus, ces cavités ne sont point aplaties dans une direction unique ou en rapport avec la structure veinée.

M. Ball, attribuant cet aplatissement des bulles à un effet de compression, en a tiré un argument contre la théorie par laquelle M. Tyndall explique la constitution laminaire.

Mais M. Tyndall n'admet pas que cette forme provienne de la pression. Dans son mémoire sur les propriétés physiques de la glace [1], il avait étudié d'une manière particulière les cavités remplies d'air ou d'eau que l'on observe dans la glace; il avait montré qu'en dirigeant un rayon solaire, rendu convergent par une lentille, sur un bloc de glace ordinaire, celle-ci se fond sous l'influence de la chaleur rayonnante en une multitude de points intérieurs, et que l'eau résultant de cette fusion n'affecte pas la forme d'un globule, mais celle d'une fleur à six pétales (Voyez fig. 14). Ces fleurs se forment toujours dans des plans parallèles à la surface de congélation. En même temps, comme l'eau occupe un volume moindre que la glace, il se forme un petit espace vide dans chaque fleur. Si l'action du rayon solaire se prolonge, les fleurs s'étendent et forment à l'intérieur de la masse de petits disques liquides qui apparaissent comme des lignes fines si on les regarde de profil. Il résulte de ces expériences que la glace fond plus facilement dans les plans parallèles à la surface de congélation.

Si une bulle d'air est contenue dans la glace, sous l'influence de la chaleur rayonnante, la fusion se produit sur les parois concaves de cette bulle; mais comme la liquéfaction est plus facile dans le plan de congélation, la bulle originairement sphérique tend à prendre une forme lenticulaire ou à s'aplatir.

Ces observations ont été faites sur la glace ordinaire des lacs ou des étangs. Dans un glacier il n'y a pas de plan de congélation défini et constant pour une portion un peu considérable de sa masse qui peut être comparée

[1] Voyez *Archives* 1858, t. I, p. 5.

à de la glace ordinaire concassée en petits fragments ressoudés ensuite par regel et pression. Dans un bloc de cette nature on ne distingue pas à première vue les fragments primitifs dont il est formé ; mais si l'on y développe des cavités à l'aide d'une lentille, elles se produiront, dans chaque fragment, parallèlement à la surface originaire de congélation.

Or la glace des glaciers, qui a été longtemps soumise à l'action des rayons solaires, présente tout à fait cette apparence. La figure 15 représente un morceau de glace où la structure veinée était nettement développée parallèlement à la ligne AB, et l'on voit que les bulles aplaties sont inclinées sur cette ligne à différents angles et à différents azimuths. La plus grande partie de ces cavités ne contiennent pas d'air, mais seulement de l'eau avec un petit espace vide ; c'est ce dont il est facile de s'assurer en fondant la glace dans de l'eau chaude. Et en dirigeant sur un morceau semblable un rayon solaire à l'aide d'une lentille, on voit se former sur son passage des fleurs parallèles aux disques déjà existants. — A côté de ces cavités vides, il y en a d'autres qui contiennent de l'air et de l'eau et qui sont aplaties dans les mêmes plans.

Ainsi ce n'est pas du tout la pression qui est la cause de ce phénomène : il dépend entièrement des plans primitifs de congélation ou de cristallisation, et de l'action de la chaleur solaire.

IX

Résumé.

M. Tyndall termine son ouvrage par un sommaire dans lequel il récapitule et il condense les résultats des ob-

servations qui ont été faites sur les glaciers ainsi que les principaux points de la théorie de ce phénomène. Au risque de tomber dans quelques redites, nous allons donner la traduction de ce résumé ; elle servira à combler en partie les lacunes que présentent les pages précédentes pour ceux de nos lecteurs surtout qui n'ont pas sous les yeux les articles antérieurs auxquels nous avons si souvent fait allusion.

---

1. Les glaciers proviennent de la neige des montagnes qui a été convertie en glace par la pression.

2. L'expérience a démontré que l'on peut par la pression faire passer la neige à l'état de glace.

3. A mesure que la masse devient plus compacte, sa faculté de céder à la pression va en diminuant ; mais cette faculté ne disparaît pas complétement, même lorsque la matière a acquis un état de consolidation tel qu'on puisse la désigner par le nom de glace.

4. Quand une épaisseur suffisante de cette substance est rassemblée à la surface du sol, les portions inférieures sont comprimées par le poids des parties supérieures. Si la masse repose sur une pente, elle cédera principalement dans la direction de la pente, et elle se mouvra en descendant.

5. En outre, la masse entière glisse d'une seule pièce le long de son lit incliné, et laisse des marques de ce glissement chez les rochers sur lesquels elle passe : elle use leurs aspérités, et trace à leur surface des rainures et des stries dans la direction du mouvement.

6. De cette manière le dépôt de neige, consolidée ou non, qui couvre les parties les plus élevées des hautes

montagnes descend lentement par les vallées adjacentes, où elle forme de véritables glaciers qui se meuvent en partie par glissement, en partie par suite de la plasticité *(yielding)* de la masse elle-même.

7. Si plusieurs de ces vallées se réunissent en une seule, les glaciers tributaires qu'elles contiennent se réunissent aussi de manière à former un seul tronc.

8. La vallée principale, comme les vallées tributaires, sont souvent sinueuses, et les glaciers qui remplissent ces dernières doivent changer de direction pour former le tronc inférieur ; la largeur de la vallée varie souvent. Le glacier est forcé de passer par des gorges étroites, et de s'élargir après qu'il les a traversées. Le centre du glacier se meut plus rapidement que les bords, et la surface plus rapidement que le fond. Les points où le mouvement est le plus rapide sont distribués suivant une loi semblable à celle que l'on a reconnue pour le cours des rivières ; ils se déplacent d'un côté du centre ou de l'autre, suivant les changements de courbure de la vallée.

9. Ces effets divers peuvent être reproduits expérimentalement sur de petites masses de glace. Cette substance peut se mouler en forme de vases ou de statuettes, et l'on peut courber un barreau droit de glace de manière à le convertir en un anneau, ou même en un nœud.

10. La glace susceptible de se mouler ainsi, est, en pratique, incapable de subir un allongement. La condition essentielle pour réussir à lui faire changer de forme, c'est de maintenir en contact les particules de la glace sur laquelle on opère, de manière que de nouvelles soudures puissent s'établir à la place des anciennes.

11. Plus la température de la glace est rapprochée de son point de fusion, plus il est facile d'obtenir ces ré-

sultats ; quand la glace est à plusieurs degrés au-dessous de son point de liquéfaction, elle se brise en une poudre blanche sous l'effort d'une pression, et elle n'est plus susceptible de se mouler.

12. A 0° C. deux morceaux de glace, dont les surfaces sont humides se soudent l'un à l'autre s'ils sont mis en contact, et ne forment plus qu'une seule masse rigide ; c'est cette propriété qui constitue le *regel*.

13. Quand de la glace comprimée se brise en un point, la continuité de la masse est rétablie par le regel des nouvelles surfaces contiguës. C'est aussi le regel qui permet à deux glaciers tributaires de se réunir et de se souder pour former un tronc ; c'est de la même manière encore que les crevasses se forment et se rejoignent, et que la dislocation d'un glacier dans une cascade peut disparaître au delà. Cette propriété s'étend aux moindres particules de la masse, et elle explique la compacité continue de la glace pendant la descente du glacier.

14. La viscosité est une propriété que la glace des glaciers ne présente réellement pas ; car si les phénomènes qui se produisent sous l'influence d'une pression peuvent donner l'idée de son existence, l'analogie avec un corps visqueux disparaît complétement lorsqu'une tension est mise en jeu. Quand le glacier est soumis à une force de traction, il y cède par rupture et non par extension ; telle est l'origine des crevasses.

15. Les crevasses sont produites par les tensions mécaniques que subit le glacier. On peut les classer en crevasses marginales, transversales et longitudinales ; les premières résultent d'une traction oblique provenant du mouvement plus rapide des parties les plus centrales ; les secondes, du passage du glacier au sommet d'une pente

plus rapide; les dernières, d'une pression par derrière, jointe à une résistance par devant, qui force la masse à se partager à angle droit sur la direction de la pression.

16. Les *moulins* sont formés par de profondes fissures coupant les ruisseaux qui courent sur le glacier. L'eau en s'écoulant dans ces fissures agrandit son passage dont la largeur atteint quelquefois plusieurs pieds, et la profondeur plusieurs centaines de pieds; le ruisseau tombe en cataracte avec un bruit pareil à celui du tonnerre. L'affluence de l'eau dans les moulins est périodiquement interrompue par de nouvelles fissures où se reforment de nouveaux moulins.

17. Les moraines latérales sont formées par les débris que le glacier transporte le long de ses bords; les moraines médianes qui se trouvent sur un glacier, proviennent de l'union des moraines latérales de deux glaciers tributaires; les moraines terminales sont produites par les débris charriés par le glacier et déposés au point où il se termine. Le nombre des moraines médianes d'un glacier est toujours égal au nombre des tributaires qui l'ont formé, diminué d'une unité.

18. Quand de la glace ordinaire formée à la surface d'un lac est traversée par un rayon solaire intense, elle se liquéfie, de sorte qu'il se forme à l'intérieur de la masse des figures en forme de fleurs; chaque fleur est composée de six pétales avec un espace vide au centre; les fleurs se forment toujours parallèlement aux plans de congélation et dépendent de la cristallisation de la substance.

19. Les rayons solaires produisent aussi dans la glace des glaciers d'innombrables disques liquides, avec un

espace vide. Ces cavités vides ont jusqu'ici été considérées à tort comme des bulles d'air, et leur forme aplatie a été faussement regardée comme résultant d'une pression.

20. Ces disques sont des indices de la constitution intime de la glace des glaciers, et ils nous montrent qu'elle est composée d'un agrégat de fragments dont les surfaces de cristallisation sont disposées dans tous les plans possibles.

21. Il y a aussi dans la glace des glaciers d'innombrables alvéoles contenant de l'eau et de l'air; ces cavités se rencontrent également dans la glace des lacs. Dans ce dernier cas, elles sont dues à la fusion de la glace en contact avec la bulle d'air. Il manque d'expériences faites à ce point de vue sur la glace des glaciers.

22. La fusion de la glace sur une surface libre, qu'elle soit intérieure ou extérieure, s'opère plus facilement qu'au centre d'une masse compacte. Le mouvement, que nous appelons chaleur, est moins gêné sur une surface libre, et il fait sortir les molécules de leur état solide plus vite que si les atomes sont entourés de toute part par d'autres atomes qui empêchent le mouvement moléculaire. Le regel est un effet inverse du précédent, car le contact de deux masses de glace rend centrales les portions de la masse qui étaient précédemment superficielles.

23. Les bandes boueuses prennent leur origine dans les cascades de glace. Le glacier, en les traversant, se brise dans une direction transversale; il se forme des saillies séparées par des espaces vides; ces fissures deviennent le réceptacle des petits débris répandus sur

le glacier, et lorsque les saillies ont disparu par fusion, la boue reste à la surface en y formant des traînées successives.

24. La glace d'un grand nombre de glaciers présente une constitution laminaire, et lorsqu'elle a subi l'injure du temps, elle peut être clivée en lames minces. Dans la glace intérieure, cette disposition se manifeste par des strates bleues qui s'étendent dans la masse blanchâtre du glacier; ces veines bleues sont les portions de la glace dont les bulles d'air ont été plus complétement expulsées. C'est là ce qui constitue la structure veinée de la glace. On distingue les structures marginale, transversale et longitudinale, que l'on peut regarder comme des effets inverses des crevasses marginales, transversales et longitudinales. Ces dernières résultent d'une tension, tandis que les différentes classes de structures sont produites par pression s'exerçant de diverses manières. En premier lieu, la pression agit sur la glace comme sur les roches qui présentent la stratification spéciale que l'on nomme clivage. En second lieu, elle produit une liquéfaction partielle de la glace: les espaces liquides, ainsi engendrés, facilitent le dégagement de l'air hors du glacier; puis, quand la pression cesse d'agir, l'eau formée se regèle et concourt à la formation des veines bleues.

L. Soret.

BULLETIN SCIENTIFIQUE.

ASTRONOMIE.

C. BRUHNS. BEOBACHTUNG DER TOTALEN SONNENFINSTERNISS, etc. OBSERVATION DE L'ÉCLIPSE TOTALE DE SOLEIL, DU 18 JUILLET 1860, A TARAZONA (ESPAGNE). (Extrait des *Comptes rendus de l'Académie royale des sciences de Saxe*. Séance du 12 décembre 1860.)

« Cherchons à décider si les protubérances ne sont que des apparences optiques ou si elles sont parties intégrantes du soleil.

« La protubérance I paraît surtout importante à examiner à cet égard, tant à cause de la longue durée de sa visibilité que de la persistance de sa grandeur et de sa forme. Cette protubérance apparut deux minutes avant le commencement de la phase de totalité de l'éclipse au-dessus de la corne septentrionale du croissant lumineux, et ne fut atteinte de nouveau par lui que 8 $^1/_2$ minutes après la fin de cette phase. D'après un calcul aisé à exécuter, 2 minutes avant la totalité, la pointe supérieure du croissant avait un angle de position de 48°,8, rapporté au centre de la lune. Immédiatement à côté, parut la protubérance dont j'estime la base d'une largeur de 1 $^1/_2$ à 2 minutes; prenons 1 $^3/_4$ min. et soit 1′ la distance de la pointe du croissant jusqu'au commencement de la protubérance; le rayon de la lune étant à cet instant de 16′,55, l'angle de position de la pointe du croissant jusqu'au milieu de la protubérance devra être diminué, pour 1′ $^7/_8$, de 6°,5.

« Dès lors, nous obtenons pour l'angle de position du milieu

de la protubérance, à 2 h. $48^m,4$, temps vrai de Tarazona :

$$48°,8 - 6°,5 = 42°,3.$$

« 8,3 minutes après la fin de l'éclipse totale, la même corne du croissant formait au centre de la lune un angle de position de 12°9. D'après l'observation, la protubérance touchait le croissant lumineux ; si nous comptons de nouveau $^7/_8$ de minute de distance jusqu'à son milieu, ou 3°,1 en angle de position, à 3 h. $2^m,1$, temps vrai de Tarazona, l'angle de position du milieu de la protubérance se trouve de $12°,9 + 3°,1 = 16°,0$.

« En 13,7 minutes de temps, l'angle de position de la protubérance au centre de la lune se trouve donc avoir changé de 26°3.

« Si nous recherchons les grandeurs de l'angle de position au centre du soleil à ces deux instants, pour les points situés à 48°,8 et 12°,9 d'angle de position au centre de la lune, nous trouvons les valeurs 43°,4 et 32°,3. Les distances de 1′ $^7/_8$ avant et $^7/_8$′ après, avec un demi-diamètre du soleil égal à 15′,75, donnent des différences de 6°,8 et 3°,2, en sorte que les angles de position au centre du soleil étaient :

à 2 h. $48^m,4$, temps vrai de Tarazona, de 36°,6,
et à 3 h. $2^m,1$, id. de 35°,5.

« Cette concordance est aussi approchée qu'on peut la désirer ; $^1/_4$ de minute d'erreur d'estimation dans la grandeur de la protubérance, ou dans son écartement de la pointe de la corne, la rendrait complète.

« Dans un intervalle de temps de près de 14 minutes, la protubérance I n'a donc pas changé d'angle de position au centre du soleil, pendant que cet angle au centre de la lune a diminué de 26°. La protubérance formait avec le centre du soleil un angle de position de 36° ; le cercle de déclinaison sur lequel se mouvait la lune en formait un de 117° ; l'angle de position au centre du soleil de la protubérance avec la direction du mouvement était donc de 81° ; la protubérance ne devait, par conséquent, pas beaucoup varier de dimension pendant le temps de sa visibilité, ce qui, d'ailleurs, concorde avec l'observation. Je crois donc

pouvoir affirmer avec certitude que cette observation de la protubérance I parle en faveur de la réalité de l'existence des protubérances comme faisant partie du soleil, et *contre* l'hypothèse optique.

« L'argument principal invoqué en faveur de cette dernière hypothèse est fondé sur le fait que la rapidité de la disparition des protubérances ne peut pas cadrer avec le mouvement de la lune venant à les recouvrir. Peut-être une autre explication de ce fait est-elle plausible. Je ferai observer, en effet, que, aussitôt après le commencement de la phase de totalité, je vis la bordure rouge du côté oriental de la lune augmenter considérablement de dimension et d'éclat en un très-petit nombre de secondes. Ce phénomène me paraît pouvoir être expliqué par la disparition des rayons solaires infléchis au bord de la lune et par l'accroissement rapide de l'obscurité.

« En revanche, je ne tiens point pour impossible que les extrémités des protubérances ne disparaissent plus vite qu'elles ne le devraient d'après les mesures comparées au calcul, lorsque la lune par son mouvement a recouvert la partie inférieure, plus large, de leur contour ; peut-être parce que ces extrémités ne se laissent plus bien discerner du fond clair formé autour d'elles par la couronne lumineuse.

« Je ne puis pas davantage voir une preuve de la justesse de l'hypothèse optique dans la diversité des observations, et surtout dans les dissemblances de formes et de grandeurs observées. Il n'est pas douteux que les protubérances ne subissent de constants changements par le fait du mouvement de la lune et par suite de l'éclairement diminuant pour augmenter ensuite. Mais il est certain aussi que les erreurs d'observation doivent jouer là un rôle considérable. Le phénomène entier, qui ne dure qu'un peu plus de 3 minutes, présente tant d'inattendu, qu'on sait à peine par où commencer l'observation ; veut-on chercher à se faire une impression de l'ensemble, on n'a que trop peu de temps à consacrer à chaque détail.

« Quelque conclusion sûre ne pourra se déduire à cet égard que lorsque plusieurs observateurs se seront concertés pour consacrer toute leur attention à un objet unique et lui appliquer des moyens précis de mensuration.

« Si les protubérances font partie du soleil, si elles sont peut-être comme des nuages autour de son globe, puisqu'on en a vu d'isolées, il doit exister aussi tout à l'entour une espèce d'atmosphère dans laquelle elles planent, et la couronne lumineuse pourrait être elle-même cette atmosphère. Nos observations de la couronne paraissent, dans leurs parties essentielles, s'accorder avec celles d'autres astronomes. Le faisceau lumineux vu du côté de l'est a aussi été vu dans d'autres lieux. Je croirais cependant que l'influence infléchissante ou réfléchissante de notre atmosphère n'est pas insensible sur les apparences de la couronne. Il paraît qu'un nombre plus considérable de faisceaux lumineux émanant de la couronne ont été aperçus près du bord de la mer, que nous n'en avons distingué à Tarazona à une hauteur de 800 à 1000 mètres au-dessus de son niveau. La plus grande largeur de la couronne en haut s'explique par le passage de la lune devant le disque du soleil : Tarazona est situé notablement au nord de la ligne centrale de l'éclipse; le bord de la lune dépassait le bord méridional du soleil de 62″, le septentrional de 32″ seulement. »

Prof. W. Thomson. Quelques considérations physiques relatives a l'age possible de la chaleur du soleil, communiquées a l'association britannique en septembre 1861. (*Philosophical Magazine*, février 1862.)

L'auteur commence par rappeler quelques principes précédemment établis. C'est un principe d'action universellement reconnu, que lors même que l'énergie mécanique est indestructible, elle tend constamment à se dissiper, en donnant lieu à une augmentation graduelle et à une diffusion de calorique, accompagnée d'une cessation de mouvement et d'un affaissement d'énergie

potentielle à travers tout l'univers matériel. La conséquence finale de cet état de choses serait un état de repos et de mort universel, si l'univers était fini et libre d'obéir à des lois existantes. Mais, comme on ne connaît aucune limite à l'étendue de la matière, la science tend à indiquer une marche sans fin à travers un espace infini, d'une action qui consiste en une transformation en chaleur du mouvement palpable dans lequel se traduit l'énergie potentielle, plutôt qu'un simple effet mécanique d'une nature finie, ayant son cours comme le mouvement d'une horloge et finissant par s'arrêter pour toujours. Il est également impossible de concevoir l'origine ou la durée de la vie sans l'action d'une puissance créatrice et apte à tout diriger. L'objet qu'a eu l'auteur dans son mémoire, a été de soumettre à l'Association une application des vues générales ci-dessus à la découverte des limites de temps probable, soit pour le passé, soit pour l'avenir, pendant lesquelles nous pouvons compter sur l'existence du soleil comme source de chaleur et de lumière. Il a divisé son sujet en deux chefs : le premier se rapporte au refroidissement séculaire du soleil, et le second à l'origine et à l'estimation de la quantité totale de chaleur que renferme cet astre.

M. Thomson montre d'abord que le soleil est probablement une masse liquide incandescente qui rayonne constamment sa chaleur, sans recevoir de compensation sensible par suite de l'arrivée de matière météorique. Herschel et Pouillet ont calculé l'un et l'autre la quantité de chaleur émise par le soleil dans un temps donné, et l'auteur, en prenant pour base les résultats qu'ils ont obtenus, estime que si la chaleur spécifique du soleil était la même que celle de l'eau liquide, sa température diminuerait à raison de 1°,4 cent. par année. Quant à l'estimation de la chaleur spécifique du soleil, l'auteur fait d'abord remarquer qu'il y a de fortes raisons pour supposer que la substance de cet astre diffère peu de celle de la terre. Il a été démontré, en effet, par M. Stokes d'abord, que le sodium existe incontestablement dans l'atmosphère du soleil. Peu de temps après et tout à fait indépen-

damment de M. Stokes, MM. Bunsen et Kirchhoff ont démontré avec une égale certitude que le fer et le manganèse, ainsi que plusieurs autres de nos métaux les plus connus, se trouvent aussi exister dans cet astre. La chaleur spécifique de chacun de ces métaux étant inférieure à celle de l'eau, laquelle dépasse, comme on le sait, la chaleur spécifique de toute autre substance terrestre solide ou liquide, il était à présumer, à première vue, que la chaleur spécifique moyenne du soleil tout entier devait être *moindre*, et dans tous les cas ne devait certainement pas être *plus grande* que celle de l'eau. Cependant l'auteur entre dans le développement de certaines raisons thermodynamiques, qui conduisent, à son avis, à des conclusions très-différentes, et tendent à démontrer, au moins comme probable, que la chaleur spécifique du soleil, par suite de la pression énorme à laquelle est soumis l'intérieur de cet astre, est égale à plus de 10 fois, quoique à moins de 10000 fois celle de l'eau liquide. De là il résulte comme probable que le soleil se refroidit de 14° en un laps de temps qui est au moins de 100 ans, et au plus de 10000 ans.

Quant à la température propre du soleil à l'époque actuelle, plusieurs raisons portent l'auteur à admettre, que la température de la surface de cet astre ne doit pas être incomparablement supérieure aux températures que l'on peut atteindre artificiellement à la surface de la terre. Il fait valoir, entre autres raisons, que la quantité de chaleur émise par chaque pied carré de la surface du soleil n'équivaut qu'à une force de 7000 chevaux Or, la combustion du charbon, à raison d'un peu moins d'une livre par 2 secondes, produirait une quantité de chaleur égale à celle-ci, et on calcule que, dans les fournaises des locomotives, il se consomme une quantité de charbon qui varie depuis une livre dans 30 secondes jusqu'à une livre dans 90 secondes, par pied carré de surface de chauffe. Il en résulte que la chaleur émise par le soleil ne doit pas dépasser, à surface égale, plus de 15 à 45 fois celle qui est produite sur la surface de chauffe d'une fournaise de locomotive.

La température de l'intérieur du soleil est probablement beaucoup plus élevée que celle de la surface de cet astre, parce que la conductibilité doit être sans effet sensible sur le transport de la chaleur de l'intérieur vers l'extérieur, et qu'il doit y avoir nécessairement tendance à un équilibre approximatif de chaleur résultant du mouvement de la matière dans la totalité de la masse; ou, en d'autres termes, les températures prises à différentes distances du centre, doivent être approximativement les mêmes que celles qu'une portion quelconque de la substance du soleil, transportée du centre à la surface, acquerrait par suite de la dilatation, sans éprouver ni gain ni perte de calorique.

Seconde partie. — Sur l'origine et la valeur totale de la chaleur du soleil.

En admettant, à la suite de ce qui précède, que le soleil est un liquide incandescent qui perd peu à peu sa chaleur, on est porté à se demander quelle peut être l'origine de cette chaleur? Il est certain qu'elle n'a pu exister dans le soleil depuis un temps indéfini, puisque, tant qu'elle a existé, elle a dû tendre à se dissiper, et l'existence finie du soleil est opposée à l'existence d'une accumulation infinie de chaleur dans le corps de cet astre. Il a donc dû arriver de deux choses l'une : ou bien le soleil a dû être créé source active de chaleur par un décret spécial de la Providence, à une époque qui n'est pas indéfiniment reculée; ou bien la chaleur déjà émise jusqu'à ce jour par cet astre et celle qu'il possède encore, ont dû provenir de l'effet de quelque procédé naturel dépendant de lois fixes et permanentes. Sans se prononcer d'une manière absolue contre la première de ces deux hypothèses, l'auteur croit pouvoir la regarder comme tout au moins improbable au plus haut degré; si, comme il le pense, la seconde hypothèse peut être démontrée ne pas être en contradiction avec les lois de la physique généralement admises.

M. Thomson passe ensuite à l'examen de la théorie météorique de la chaleur solaire, et montre que dans la forme où cette

théorie a été exposée par Helmholz, elle est seule capable d'expliquer par les lois naturelles l'état actuel du soleil, et le rayonnement continu quoique légèrement décroissant de cet astre, pendant plusieurs millions d'années tant passées qu'à venir. « Mais, ajoute-t-il, *ni cette théorie ni aucune autre ne peut expliquer la persistance du rayonnement solaire pendant plusieurs centaines de millions d'années, à un degré le moins du monde en rapport avec ce qu'il est maintenant.* » Il conclut en terminant comme suit : « Il paraît donc, à tout prendre, très-probable que le soleil n'éclaire pas la terre depuis *cent millions* d'années, et presque certain qu'il ne l'a pas éclairée depuis *cinq cent millions* d'années. Quant à l'avenir, on peut affirmer avec le même degré de certitude que les habitants de la terre ne pourront continuer à jouir pendant plusieurs millions d'années de la chaleur et de la lumière nécessaires à leur existence, à moins que de nouvelles sources de chaleur, à nous inconnues, ne se préparent dans le grand atelier de la Création. »

PHYSIQUE.

Traité général des applications de l'électricité, par M. Glœsener, professeur à l'Université de Liége. Paris et Liége, 1861. Un gros vol. in-8°.

La science de l'électricité s'est traduite depuis quelques années devant le public industriel par plusieurs catégories d'applications dont les plus remarquables sont relatives à la télégraphie, à l'horlogerie, aux moteurs, au dorage, à la galvanoplastie, à l'art de l'ingénieur militaire, à l'éclairage, à la médecine et à la chirurgie. Il est bien remarquable que cette portion de la physique, encore si incomplétement étudiée dans ses phénomènes et dans ses lois, ait déjà rendu de si grands services, et l'on peut sans doute attendre de l'agent universel que nous savons déjà utiliser de tant de manières des applications bien plus heureuses encore, quand il sera mieux connu.

C'était un besoin pour les personnes chargées de l'enseignement public, comme pour celles qui se livrent aux travaux de l'industrie, de posséder un résumé clair et complet des applications déjà réalisées et des procédés mécaniques, souvent si remarquables, imaginés dans ce but. La France nous a fourni dans l'ouvrage de M. le vicomte du Moncel une première tentative de combler cette lacune. Son *Exposé des applications de l'Électricité* a eu, en 1856, une seconde édition en 3 volumes, ornés de fort belles planches gravées; et, dès lors, un premier supplément est venu la compléter. Cet ouvrage, remarquable à plusieurs égards, a été fort bien accueilli du public, et si l'auteur se décide à en donner une troisième édition, il en fera sûrement disparaître quelques inexactitudes et quelques lacunes qu'il serait facile de lui signaler, surtout en ce qui se rapporte aux travaux exécutés hors de France.

Le mérite de l'ouvrage de M. du Moncel n'a point empêché M. le professeur Glœsener de s'engager dans la même voie, et il a publié vers la fin de l'année dernière le premier volume d'un ouvrage intitulé : *Traité général des applications de l'Électricité.* C'est en s'occupant d'abord de télégraphie électrique, puis de chronoscopie, que le professeur liégeois a été conduit à étudier les divers systèmes proposés ou exécutés avant lui. Il a cherché à y introduire des perfectionnements nombreux, et le gouvernement belge l'a encouragé dans ses études patientes et coûteuses. Enfin, il a voulu décrire les appareils qu'il a imaginés, les résultats qu'il en a obtenus, et pour marquer la part qui lui revient dans ces études, il a été entraîné à décrire celles des autres. Le volume que nous annonçons contient 532 pages et 18 planches. Il comprend : 1° une introduction faisant voir comment la science a fourni successivement les connaissances nécessaires pour appliquer le courant électrique ; 2° un exposé succinct des données indispensables pour construire les appareils d'une façon raisonnée ; 3° la description des divers systèmes de télégraphes ; 4° celle des appareils employés pour les communications directes ;

5° l'étude des dérangements intérieurs des fils télégraphiques ; 6° l'étude des parafoudres ; 7° celle des cables sous-marins ; 8° les sonneries électriques et leurs applications aux usages domestiques ; 9° la construction des chronoscopes. On comprend qu'il doive exister un grand nombre de points communs aux deux ouvrages, mais l'auteur du second s'est naturellement appliqué à décrire en détail ses propres appareils. Nous signalerons, entre autres, ses recherches, déjà communiquées à l'Académie des sciences en 1848, sur les moyens de faire disparaître les inconvénients du ressort antagoniste par le renversement du courant électrique alternativement en sens inverse dans les télégraphes, les horloges et en général dans les électro-moteurs ; ses télégraphes à une et à deux aiguilles perfectionnés ; ses télégraphes à cadran et ressort de rappel ; son télégraphe avec lettres sans ressort de rappel ; son système de télégraphe écrivant à l'encre ou gauffrant sans relai et avec deux plumes ; divers systèmes de translateurs de son invention ; enfin une modification qu'il a proposée aux sonneries électriques et les divers chronoscopes qu'il a perfectionnés.

Les descriptions de M. Glœsener sont en général claires et rendues par là intelligibles aux industriels qui n'ont pas fait de la physique une étude spéciale. On remarque dans cet ouvrage quelques lacunes regrettables et qui proviennent de la circonstance que l'auteur n'a probablement pas eu à sa disposition certains journaux, celui de Dingler par exemple, où il aurait trouvé sur les télégraphes allemands et suisses et sur les travaux de théorie qu'ils ont occasionnés, des renseignements précieux et trop peu connus dans les pays de langue française. Je signalerai encore l'absence de description des télégraphes à courants induits, celle de l'appareil Caselli, celle des appareils destinés à rendre constant le courant des piles, qu'il soit employé d'une manière permanente ou discontinue, celle des chronographes, enregistreurs, etc.

Néanmoins nous regardons l'œuvre de M. Glœsener comme

très-digne d'attirer l'attention du public instruit auquel elle s'adresse. Le second volume ne présentera pas moins d'intérêt que celui dont nous avons présenté l'analyse, et nous souhaitons qu'il ne tarde pas à voir le jour. E. W.

COURS ÉLÉMENTAIRE DE PHYSIQUE, PRÉCÉDÉ DE NOTIONS DE MÉCANIQUE ET SUIVI DE PROBLÈMES, par MM. BOUTAN et D'ALMÉIDA. Paris, 1862.

Parmi le grand nombre de Traités de physique publiés en France depuis quelques années, celui que nous annonçons tient sans contredit un rang distingué. L'ordre des matières est celui que l'expérience a dès longtemps fait adopter. Les divisions se succèdent dans un ordre logique ; l'exposé des faits est clair, aidé de fort belles planches sur bois ; enfin, la théorie est exposée avec précison. L'ouvrage est très-soigné sous le rapport typographique, et l'énoncé des lois, l'indication des matières sont imprimés en caractères spéciaux, qui rendent la lecture attrayante et qui facilitent la mémoire. Au lieu d'un luxe de formules qui décourage les commençants, les auteurs se sont bornés aux plus essentielles, et ont traduit en langue ordinaire les énoncés des expressions analytiques les plus communes.

Ce cours est strictement élémentaire. Les théories n'y sont guère exposées, et l'optique, par exemple, se limite aux phénomènes de propagation, de réflexion, de réfraction simple et de coloration de la lumière. En revanche, il est en général à la hauteur des progrès récents. Nous y avons remarqué les paragraphes sur les moyens de réaliser les plus hautes températures, sur les récentes modifications apportées à la pile de Daniell, sur l'analyse spectrale, et le télescope Foucault. Le chapitre relatif à la vision est plus exact que dans d'autres traités : les conquêtes de l'ophthalmomètre ont été mises à profit, et les explications de l'ajustement, de la myopie, de la presbyopie rendues conformes aux

saines notions de l'optique physiologique. Les procédés de la photographie y sont exposés avec soin. Enfin nous signalerons les articles relatifs à l'induction électrique, à la caléfaction et à la phosphorescence comme présentant un caractère de nouveauté.

Nous pensons toutefois que, sur quelques points spéciaux, l'ouvrage serait susceptible d'amélioration. Les corps solides mériteraient d'être traités dans un chapitre spécial, au même titre que les corps liquides et les gaz. La théorie du vernier et celle du kathétomètre devraient faire partie d'un chapitre sur les moyens d'évaluer l'étendue (mesure des lignes et des angles), au lieu d'être reléguée à la fin de celui qui traite de la pesanteur, etc. Mais nous reconnaissons que ce sont là des points secondaires, et nous recommandons avec confiance le Cours de MM. d'Alméida et Boutan aux instituteurs et aux jeunes élèves. Les énoncés de 290 problèmes qui le terminent leur serviront d'utiles exercices.

E. W.

Prof. Roscoë. Sur le spectre solaire et sur les spectres des éléments chimiques (Extrait d'une lettre adressée au rédacteur du *Philosophical Magazine*, en janvier 1862).

Les observations suivantes, extraites du mémoire que M. Kirchhoff vient de publier dans les *Transactions de l'Académie de Berlin*, présentent de l'intérêt en ce qu'elles servent à expliquer la présence, dans le spectre de la vapeur incandescente du lithium, de la raie bleue observée d'abord par M. Tyndall, et mentionnée ensuite par le Dr Frankland dans le dernier numéro du *Philosophical Magazine*.

« La position des raies lumineuses, ou, pour parler plus correctement, le maximum de lumière dans le spectre d'une vapeur incandescente, est indépendant de la température, de la présence d'autres substances, en un mot de toute autre condition que la composition chimique de la vapeur. La vérité de cette assertion a été démontrée par les expériences que Bunsen et moi-même

avons faites sur ce point spécial, expériences que j'ai eu l'occasion de confirmer par de nombreuses observations faites avec l'appareil si éminemment sensible que j'ai décrit ailleurs[1]. Cependant le spectre de la même vapeur peut différer suivant les circonstances ; il suffit même d'un changement dans la masse de la vapeur incandescente pour lui donner un tout autre caractère. S'il y a accroissement dans l'épaisseur de la colonne de vapeur dont la lumière est soumise à l'examen, on verra croître simultanément l'intensité lumineuse de toutes les raies, mais dans des proportions différentes. Conformément à un théorème qui sera examiné plus tard, l'intensité des raies les plus brillantes croîtra plus lentement que celle des raies qui sont moins apparentes. L'impression produite sur la vue par l'une de ces raies, dépend non-seulement de son intensité lumineuse, mais aussi de sa largeur ; de là il peut arriver qu'une raie, étant moins brillante quoique plus large qu'une autre, soit moins visible que cette dernière lorsque l'épaisseur du gaz incandescent est faible, mais devienne, au contraire, plus apparente lorsque l'épaisseur de la vapeur vient à s'accroître. Il pourra même arriver, si l'intensité lumineuse du spectre tout entier est affaiblie de manière à ne rendre visibles que les raies les plus brillantes, que le spectre paraisse totalement changé dès qu'il survient un changement dans la masse de la vapeur. Un changement de température paraît produire un effet analogue à celui qui est produit par un changement dans la masse de la vapeur incandescente. Si la température s'accroît, *on ne remarque aucune déviation des maxima de lumière;* mais les intensités lumineuses des raies croissent dans une proportion si différente que celles qui sont les plus apparentes à une température élevée ne sont pas du tout telles à une température basse. Cette influence sur la masse de la température du gaz incandescent explique fort bien comment il arrive que,

[1] M. Kirchhoff a pu, avec cet appareil, séparer les deux lignes D par une largeur de 4 millimètres.

dans les spectres de plusieurs métaux, les raies qui sont les plus apparentes lorsque le métal est placé dans la partie incolore de la flamme du gaz, ne sont plus telles lorsqu'on examine le spectre provenant de l'action sur le métal de l'étincelle d'induction. Ce fait est surtout remarquable dans le cas du spectre du calcium. J'ai remarqué que si l'on place dans le circuit de la bouteille de Leyde dont on tire l'étincelle, une ficelle humide ou un tube fin plein d'eau, et que l'on humecte les électrodes avec une solution de chlorure de calcium, on obtient un spectre qui coïncide exactement avec celui qui apparaît lorsqu'on place un grain de chlorure de calcium dans la partie incolore de la flamme du gaz. Les raies qui paraissent manquer sont précisément celles qui se font voir le plus distinctement lorsqu'on emploie un circuit métallique complet. Si on substitue à la colonne mince d'eau une colonne d'un diamètre plus grand et de moindre longueur, il se produit un spectre dans lequel les raies des deux espèces, celles provenant de la flamme et celles dues à l'étincelle, sont également visibles. On voit, d'après cette expérience, le mode par lequel le spectre du calcium provenant de la flamme peut être converti en celui qui est produit par l'action de l'étincelle électrique. »

M. Roscoë ajoute qu'en examinant récemment avec un des prismes de Stenheil le spectre du lithium obtenu par l'étincelle d'induction d'un appareil de Ruhmkorff, il a constaté, conjointement avec le Prof. Clifton, la présence de deux raies bleues, dont l'une (probablement celle déjà observée par M. Tyndall) coïncidait avec la raie bleue ordinaire δ du strontium, tandis que l'autre coïncidait avec une seconde ligne bleue du strontium, qui s'est montrée pour la première fois dans le spectre de ce métal produit par l'action de l'étincelle électrique. « Il nous est impossible, ajoute l'auteur, d'affirmer dès à présent que les raies ainsi produites dans les spectres du lithium et du strontium coïncideront l'une avec l'autre lorsqu'on les examinera avec un plus grand nombre de prismes ayant un pouvoir grossissant plus considérable. Il nous a paru cependant, en employant trois prismes de

Stenheil, ayant chacun un angle de réfraction de 60°, qu'il y avait une légère différence de réfrangibilité entre la première raie bleue du lithium et la raie S r δ; néanmoins cette différence était moindre que celle qui se manifeste entre les deux raies du sodium. Nous espérons d'ici à peu de temps avoir déterminé ce fait d'une manière plus précise. Remarquons, en attendant, qu'il est impossible d'attribuer le phénomène à la présence d'une petite quantité de strontium dans le lithium, puisque nous avons observé que, lorsque les raies bleues sont les plus brillantes, on n'aperçoit pas la plus petite trace des raies rouges ou orangées α, β et γ du strontium. Le sel de lithium employé était du sulfate parfaitement pur qui m'avait été envoyé par le professeur Bunsen; les sels de strontium étaient le chlorure et le nitrate, et la même coïncidence a été observée dans l'un et dans l'autre. »

Prof. TYNDALL. SUR L'ABSORPTION ET LE RAYONNEMENT DE LA CHALEUR PAR LES MATIÈRES GAZEUSES. (Extrait d'une communication faite à l'Institution royale de la Grande-Bretagne, le 17 janvier 1862.)

L'auteur rend compte de nouvelles expériences faites avec un appareil perfectionné, relatives à l'influence des combinaisons chimiques sur l'absorption et le rayonnement de la chaleur par les différents gaz. En comparant d'abord la manière dont se comporte le chlore par rapport à l'acide hydrochlorique, et le brôme par rapport à l'acide hydrobromique, il a constaté que le fait de la combinaison, qui dans les deux cas diminue notablement la densité du gaz et rend le gaz coloré parfaitement translucide, le rend cependant moins diathermane en ce qui concerne le passage de la chaleur obscure. L'auteur attire aussi l'attention sur le fait que le soufre, qui est passablement opaque, se laisse traverser par 54 sur 100 des rayons de chaleur partant d'une source à la température de 100° C., tandis que son composé, le spath pesant, qui est au contraire sensiblement

transparent, est complétement athermane pour des rayons émanant d'une source de chaleur aussi à la température de 100°. M. Tyndall a confirmé le résultat indiqué par Melloni sur le pouvoir diathermane du noir de fumée réduit en couches minces, mais il montre en même temps jusqu'à quel point la manière dont cette substance se comporte à l'égard du calorique rayonnant se concilie difficilement avec l'idée généralement admise, que le noir de fumée absorbe toute espèce de chaleur avec la même facilité.

L'auteur a répété toutes ses expériences précédentes sur les gaz avec des sources de chaleur différentes; et a constaté d'une manière encore plus positive que par le passé, que les gaz composés l'emportent de beaucoup sur les gaz élémentaires quant à leur pouvoir absorbant. En prenant l'air atmosphérique comme unité, l'ammoniaque, à une tension de 30 pouces anglais, est représenté par le nombre 1195, ce dernier chiffre indiquant la *totalité de la chaleur* émanée de la source. Une couche d'ammoniaque de la longueur de 3 pieds, est *complétement imperméable* à la chaleur émise par une source obscure. Les gaz colorés, le chlore et le brôme, quoique doués d'un pouvoir absorbant fort supérieur à celui des gaz élémentaires transparents, sont cependant inférieurs sous ce rapport à tous les gaz composés examinés jusqu'à ce jour. Si au lieu d'une tension de 30 pouces, on compare entre eux des gaz à la tension d'*un* pouce seulement, les différences observées sont encore plus frappantes. C'est ainsi qu'à la tension d'un pouce, le pouvoir absorbant de l'acide sulfureux a été trouvé égal à 8000 fois celui de l'air.

L'auteur rend ensuite compte d'une nouvelle série d'expériences relatives à l'absorption de la chaleur rayonnante par les vapeurs. Il a constaté comme précédemment, que la vapeur qui absorbe le mieux la chaleur est celle de l'éther boracique, et celle qui l'absorbe le moins est la vapeur du bisulfure de carbone. La vapeur de l'éther boracique, vapeur complétement translucide, absorbe, à 0, 1 de pouce de tension, 600 fois plus de chaleur que

la vapeur fortement colorée du brôme, et très-probablement 186000 fois plus de chaleur que l'air.

L'auteur a été conduit par plusieurs expériences en apparence difficiles à concilier, décrites dans un Mémoire présenté récemment à la Société Royale, à la solution du problème suivant, à première vue complétement paradoxal : *Déterminer les pouvoirs absorbants et émissifs d'un gaz ou d'une vapeur sans source de chaleur étrangère au corps gazeux lui-même.* — On sait que lorsque de l'air entre dans un espace vide, il se réchauffe par suite des obstacles qui s'opposent à son mouvement. Lorsque, au contraire, on fait le vide dans une cloche contenant de l'air, il survient un refroidissement dû à ce qu'une portion de la chaleur de l'air est employée à produire de la force vive. Appelons chaleur *dynamique* la chaleur produite dans le premier cas, et refroidissement dynamique le froid qui survient dans le second. Désignons aussi le rayonnement d'un gaz chauffé dynamiquement par le nom de rayonnement dynamique, et le pouvoir absorbant d'un gaz refroidi dynamiquement par celui d'absorption dynamique. Si maintenant, après avoir placé à l'extrémité du tube vide d'air qui fait partie de l'appareil de Tyndall une pile thermo-électrique, on permet à un gaz de s'introduire dans le tube, ce gaz se réchauffera, et s'il possède un pouvoir rayonnant quelconque, la pile recevra la chaleur qu'il pourra émettre, et le galvanomètre en communication avec cette pile en accusera aussitôt la présence. C'est en procédant de la sorte que M. Tyndall a trouvé que les pouvoirs rayonnants manifestés par les différents gaz, rayonnements qui dans quelques cas étaient assez intenses pour dévier l'aiguille du galvanomètre de plus de 60°, étaient exactement en raison des pouvoirs absorbants de ces mêmes gaz. Lorsque la chaleur acquise par le gaz à la suite de son entrée dans le tube s'était complétement dissipée, on y refaisait peu à peu le vide au moyen de la machine pneumatique. Aussitôt, le gaz resté dans le tube se refroidissait par suite de sa raréfaction, et partant, refroidissait la face de la pile thermo-électrique tour-

née de son côté. L'auteur a pu ainsi déterminer les absorptions dynamiques des différents gaz, et il a trouvé qu'elles correspondaient exactement dans chaque cas avec leur rayonnement dynamique.

Pour étudier ces mêmes propriétés chez les vapeurs, M. Tyndall a employé la méthode suivante. Il commence par introduire dans le tube vide une quantité de vapeur suffisante pour déprimer la colonne de mercure de 0,5 de pouce; cette vapeur est ensuite chauffée dynamiquement en admettant dans le tube de l'air sec jusqu'à ce qu'il soit complétement plein. L'auteur a constaté que les pouvoirs rayonnants des vapeurs déterminés par ce moyen correspondaient exactement avec les pouvoirs absorbants déjà observés. L'absorption dynamique de la vapeur a été également obtenue en faisant le vide de la manière décrite ci-dessus, et on a pu ainsi constater que cette absorption suivait une marche parfaitement correspondante à celle du rayonnement dynamique. Il résulte de ces expériences, dit l'auteur, que l'air doit être regardé comme jouant le même rôle vis-à-vis de la vapeur, que celui que jouerait une surface polie d'argent à l'égard d'une couche de vernis qui la recouvrirait. Ni l'argent, ni l'air, l'un et l'autre corps simples ou composés de corps simples, n'ont le pouvoir d'agiter à un degré marqué l'éther dont les ondulations constituent la lumière. Mais si le mouvement de l'argent est communiqué au vernis et le mouvement de l'air à la vapeur, il s'ensuit une agitation des molécules de nature à amener un trouble notable dans l'éther dans lequel elles se balancent.

M. Tyndall a prouvé par des expériences directes qu'il est facile de mesurer le rayonnement dynamique d'une quantité donnée de vapeur d'éther boracique, doué d'une tension de $^1/_{1012500000}$ d'atmosphère seulement. Il montre aussi et explique comment il se fait qu'en employant un tube de 33 pouces de long, le rayonnement dynamique de l'éther acétique est notablement supérieur à celui du gaz oléfiant, tandis qu'avec un tube de 3 pouces de long seulement, le rayonnement dynamique du gaz oléfiant dé-

passe, au contraire, considérablement celui de l'éther. La vapeur aqueuse a été aussi soumise à un examen spécial, et l'auteur a constaté, comme fait assez habituel, que la vapeur aqueuse de l'atmosphère possède un pouvoir absorbant égal à 60 fois celui de l'air. Plus l'air qu'il est parvenu à se procurer était pur et sec, plus aussi le caractère de cet air, sous le rapport de l'absorption, s'est rapproché de celui du vide.

L'auteur a aussi soumis à l'expérience des parfums d'espèce variée. Dans ce but, il a fait passer de l'air sec à travers des fragments de papier brouillard humecté avec des huiles essentielles. Ayant ensuite introduit cet air dans le tube vide de son appareil, il a remarqué que, quelque petite que fût la quantité de matière odorante qui a dû s'y trouver, elle n'en produisait pas moins une variation de 30 à 372 dans le pouvoir absorbant de l'air qui la renfermait. Il n'est point impossible, ajoute M. Tyndall, que la quantité de chaleur terrestre, absorbée par le parfum d'une platebande, ne dépasse l'absorption par la quantité totale d'oxygène et d'azote au-dessus de cette platebande.

L'auteur a aussi étudié la manière dont se comporte l'ozone obtenu par l'électrolyse de l'eau, et provenant de voltamètres renfermant des électrodes de grandeur différente. En désignant par l'*unité* l'action de l'oxygène ordinaire qu'il introduisait avec l'ozone dans le tube mentionné plus haut, le pouvoir absorbant de l'ozone s'est trouvé dans six expériences subséquentes être représenté par les nombres 21, 36, 47, 65, 85, 136. L'action croissante de l'ozone correspondait avec une diminution dans la grandeur des électrodes dont on se servait pour la décomposition de l'eau. M. Tyndall termine en faisant remarquer l'identité de ces résultats avec ceux obtenus par M. Meidinger, en employant un procédé tout différent [1].

[1] Nous nous permettons de rappeler que l'influence de la dimension des électrodes sur la production de l'ozone a été observée pour la première fois par M. A. de La Rive en 1841, et non par M. Meidinger, comme semble le croire M. Tyndall (*Arch. de l'électr.*, t. I et *Traité d'électr.*, t. II, p. 409). (*Réd.*)

ZOOLOGIE, ANATOMIE ET PALÉONTOLOGIE.

Prof. Michael SARS. REVUE DES ÉCHINODERMES DE NORWÉGE (*Oversigt af Norges Echinodermer, udgiven af Videnskabsselskabet i Christiania*, 1 vol. in-8° et 16 pl. Christiania, 1861).

Le volume que M. Sars vient de publier sur les Échinodermes est un digne pendant des travaux classiques de Tiedemann et de Joh. Müller sur cet embranchement. Ce n'est point en effet une simple revue zoologique des nombreuses espèces observées sur les côtes de Norwége, mais en outre une étude approfondie au point de vue anatomique d'un grand nombre d'entre elles. Les dissections minutieuses du célèbre naturaliste scandinave ont mis au jour, sur des genres relativement peu connus, une foule de faits nouveaux dont nous regrettons de ne pouvoir consigner ici qu'un petit nombre.

Le genre Pteraster est un de ceux auquel M. Sars a consacré une attention toute spéciale. Ces Astérides le méritaient bien à cause de particularités remarquables qui les caractérisent. MM. Düben et Koren, deux autres naturalistes scandinaves, en relevaient déjà quelques-unes dans leur *Oefversigt af Skandinaviens Echinodermer*. Chez le genre Pteraster, disaient-ils, on trouve une grande cavité dorsale placée entre la peau qui porte le réseau calcaire avec les piquants et une membrane muqueuse sous-jacente portant de nombreux bâtonnets ou rangées de piliers qui soutiennent la peau. Dans cette cavité se trouvrent l'anus et la plaque madréporique.

Cette disposition remarquable mentionnée de nouveau par Stimpson, en Amérique, méritait d'être étudiée de plus près. M. Sars a constaté à son tour l'existence de cette double peau dorsale et des nombreuses piques ou paxilles qui reposent comme des colonnes sur la peau interne pour soutenir par leur sommet la peau externe. Cette dernière présente au centre du disque une large ouverture qui met en communication la cavité cutanée avec

le monde extérieur. Il existe d'ailleurs, dans cette peau externe, un grand nombre d'autres pores plus petits conduisant également dans la cavité. Ce ne sont point les homologues morphologiques des pores dorsaux des Astéries par lesquels sortent les tubes respirateurs. Ces ouvertures sont au contraire spéciales aux Pteraster. Chacune d'elles possède un sphincter permettant la complète occlusion. M. Sars les nomme des *spiracles*.

Le nom de *spiracle* est fort bien choisi. En effet, la cavité dans laquelle ces orifices conduisent est une véritable cavité respiratoire. Son plancher, c'est-à-dire la membrane dorsale interne, porte des tubes respiratoires ou branchies cutanées bien différents quant à l'aspect des organes analogues d'autres Astérides. Tandis que ces derniers sont de simples tubes coniques et aveugles, les branchies des Pteraster sont ramifiées comme celles des Echinides. Mais tandis que les branchies sont restreintes chez les oursins à la région membraneuse qui entoure la bouche, et sont fort peu nombreuses (cinq paires dans le genre Echinus), elles sont réparties chez les Pteraster sur toute la surface dorsale et fort nombreuses. A chaque paxille est fixée une branchie. Seules, les cinq paxilles qui entourent l'ouverture anale au centre du disque en sont dépourvues.

La peau interne qui forme le plancher de la cavité respiratoire repose directement sur le squelette calcaire. L'anus est placé au centre du disque comme une maille dans le réseau calcaire. C'est une fente suivant l'axe d'une région radiaire et de la région interradiaire opposée. La plaque madréporique est placée comme l'anus dans la cavité respiratoire. Elle occupe une position interradiaire

On sait qu'il est généralement difficile de découvrir les ouvertures génitales chez les Astérides. On ne les connaît même que chez les genres pourvus d'anus. Rien n'est plus facile cependant que de les trouver dans chacune des cinq régions interradiaires sur le dos des Ptéraster. Elles se présentent chacune sous la forme d'un double orifice placé au sommet du sillon qui sépare

les bras consécutifs, dans la peau dorsale interne. Ces orifices sont simples, c'est-à-dire non formés comme chez les autres Astérides d'une lame cribreuse percée d'une multitude de petites ouvertures.

Tous les piquants dorsaux des Ptéraster, au lieu d'être soudés comme chez les autres Astérides aux pièces du squelette sur lesquelles ils reposent, sont unis à elles par une articulation mobile. C'est là un passage remarquable aux oursins. De petites aiguilles calcaires qui couronnent le sommet des paxilles sont de même articulées avec ces organes. Ces aiguilles sont sans doute comparables morphologiquement aux branches des pédicellaires, tandis que la paxille elle-même doit être comparée à leur pédoncule.

La cavité cutanée que nous avons appelée cavité respiratoire sert en même temps de cavité d'incubation. Cette découverte est due à MM. Koren et Danielssen, qui ont décrit quelques stades de développement du *Pteraster militaris* dans la *Fauna littoralis Norwegiæ*. M. Sars a complété les études embryogéniques de ses prédécesseurs. Il décrit en particulier avec soin les premiers stades de développement qui leur avaient échappé. Cette évolution se rapproche beaucoup de celle que M. Desor a observée chez un échinoderme américain appartenant au genre Échinaster.

Une grande partie du volume de M. Sars est consacrée aux Holothuries. On y trouve une étude détaillée de ce singulier Echinoderme auquel l'auteur donne le nom d'*Echinocucumis typica* et que nous avons mentionné déjà [1] comme présentant une structure bilatérale très-évidente. Les Echinocucumis ressemblent beaucoup aux Eupyrgus de M. Lütken. Elles sont recouvertes, comme ces derniers, sur toute leur surface, d'écailles calcaires armées chacune d'un piquant dans lequel le microscope révèle une structure fort élégante. Mais tandis que les Eupyrgus appartiennent au groupe d'Holothuries apodes, les Echinocucumis sont munis de pieds suceurs formant cinq ambulacres. L'animal

[1] Voy. *Archives*, tome XI, page 78.

est toujours courbé : le côté convexe porte trois ambulacres complets (trivium) et doit par conséquent être considéré comme la région ventrale, tandis que le côté concave n'en porte que deux (bivium) qui sont même incomplets, et doit être considéré comme la région dorsale. La symétrie paire est évidente non-seulement dans la distribution des ambulacres, mais encore dans la forme et la distribution des tentacules, dans la constitution de l'anneau calcaire qui entoure l'œsophage et dans le développement de ses muscles rétracteurs, etc. En un mot le plan radiaire est complétement voilé chez les Echinocucumis par le développement extraordinaire de la bilatéralité, non-seulement dans les organes externes, comme chez les Psolus, mais encore dans les organes internes. —Remarquons enfin que les arbres pulmonaires, en général si développés chez toutes les Holothuries munies de pieds, sont rudimentaires chez les Echinocucumis.

Les Holothuries apodes du Nord ont aussi fourni d'intéressants sujets d'étude à M. Sars. Ce savant a découvert à une profondeur de 200 brasses, près d'Œxfjord, dans le Finmark, une Molpadia (*Mol. borealis*), c'est-à-dire un échinoderme appartenant au groupe peu nombreux des Holothuries apodes munies de poumon arborescent. Il en a fait une étude anatomique approfondie. Ses recherches sur la *Chirodota pellucida* (Holothurie apode sans poumons) sont aussi pleines d'intérêt. Elles nous montrent que même les Holothuries apodes peuvent présenter en quelque sorte un bivium et un trivium. En effet, on observe chez cette Chirodote cinq rangées longitudinales de verrues blanches, dont trois très-rapprochées les unes des autres et complètes forment un trivium ventral, tandis que les deux autres, plus espacées et incomplètes, forment un bivium dorsal. Des traces de bilatéralité se retrouvent d'ailleurs dans l'anneau calcaire qui entoure l'œsophage. — L'intestin de la Chirodote pellucide est fixé à la paroi du corps par trois mésentères qui viennent s'insérer le long de trois des cinq espaces intermusculaires. Deux de ces mésentères sont chargés, sur leur bord adhérent à la paroi du corps, de pe-

tits organes en forme de pantoufle (tœffelformige Legemer) qui doivent être comparés aux « organes en corne d'abondance » décrits par Joh. Müller chez les Synaptes. Ce sont évidemment des organes semblables aux organes en rosette des rotateurs et des Hirudinées et aux organes segmentaires des Annélides chætopodes. Comme les Synaptes, les Chirodotes sont donc une espèce de passage du type des échinodermes à celui des vers.

L'ouvrage de M. Sars est terminé par une étude sur la distribution géographique des échinodermes de Scandinavie. Il répartit ces animaux, au point de vue zoostatique, en trois catégories : 1° ceux de la zone arctique ou circompolaire, limitée au sud par le cercle polaire ; 2° ceux de la zone boréale qui s'étend au sud jusqu'aux côtes de Bretagne ; 3° ceux de la zone lusitanico-méditerranéenne. La Scandinavie n'appartient pas, il est vrai, à cette dernière zone ; toutefois, certaines espèces dont le foyer est dans la zone lusitanico-méditerranéenne rayonnent jusque sur les côtes de Norwége. La grande majorité des échinodermes de Norwége appartient aux deux premières zones. Certains genres sont limités à la zone boréale et ne pénètrent jamais dans la zone arctique. Ce sont les genres Ophiocoma, Amphiura, Lwydia, Brisinga, Asteropsis, Stichaster, Cidaris, Brissopsis, Thyone ; d'autres, comme les genres Ophiacantha, Ctenodiscus, Pteraster, Pedicellaster, Molpadia, Chirodota, sont exclusivement arctiques ; quelques-uns sont, pour ainsi dire, confinés dans les mers du nord comme les genres Ophiopholis, Ophiacantha, Ophiura, Ctenodiscus, Pteraster, Solaster, Psolus.

En comparant la faune actuelle avec les échinodermes trouvés dans les dépôts glaciaires de Norwége, M. Sars a reconnu que les espèces *arctiques* vivaient déjà sur les côtes de Scandinavie à l'époque glaciaire ancienne et qu'elles s'étendaient même beaucoup plus au sud à cette époque qu'aujourd'hui. Au contraire, les espèces *boréales* et *lusitanico-méditerranéennes* n'ont fait leur apparition sur les côtes de Scandinavie que pendant l'époque glaciaire récente, laquelle paraît passer graduellement à l'époque actuelle.

BOTANIQUE.

P.-A. Cap; Philibert Commerson. Étude biographique, brochure in-8°. Paris 1861. (*Extrait du Journal de pharmacie*, décembre 1860.) — P.-A. Cap. Philibert Commerson, naturaliste-voyageur. Étude biographique, suivie d'un appendice. 1 vol. in-8°, 197 pages. Paris 1861.

Dans ces deux publications successives, la seconde beaucoup plus développée que la première, M. Cap fait connaître la vie d'un voyageur naturaliste des plus actifs, des plus originaux qui aient jamais existé. Commerson est cité dans tous les ouvrages de botanique à cause de la multitude des plantes nouvelles dont il a enrichi les herbiers, particulièrement ceux du Museum de Paris. On savait combien son existence avait été orageuse, ses voyages aventureux et son ardeur pour l'histoire naturelle infatigable; on voyait en lui le botaniste de l'expédition autour du monde de Bougainville et le courageux explorateur de Madagascar, mais on ne se doutait pas de sa supériorité au point de vue des idées sur la plupart des naturalistes ou sédentaires ou voyageurs du siècle dernier. Les détails recueillis par M. Cap nous frappent sous ce rapport. Nous ne voulons pas analyser ici la vie de Commerson. Il nous suffit de rappeler qu'il était né à Châtillon-les-Dombes, en Bourgogne, le 18 novembre 1727, et qu'il est mort, accablé de fatigues et de chagrins, à l'âge de 46 ans, le 13 mars 1773. C'était donc un homme du dix-huitième siècle, un contemporain de Linné, et cependant on remarque dans sa correspondance des notions sur l'avenir de la botanique et sur l'emploi des collections qui appartiennent plutôt au siècle actuel. Nous en citerons deux exemples, l'un relatif au nombre probable des espèces du règne végétal, l'autre à la diffusion des types authentiques et numérotés d'échantillons de plantes sèches.

Il écrivait en 1771 : « Quel admirable pays que Madagascar !

C'est la véritable terre de promission pour les naturalistes. La nature semble s'y être retirée comme dans un sanctuaire particulier, pour y travailler sur d'autres modèles que ceux auxquels elle s'est asservie dans d'autres contrées. Les formes les plus insolites et les plus merveilleuses s'y rencontrent à chaque pas. Le Dioscoride du Nord, M. Linné, y trouverait de quoi faire encore dix éditions revues et augmentées de son *Système de la nature*, et finirait peut-être par convenir de bonne foi qu'on n'a encore soulevé qu'un coin du voile qui la couvre.... Linnæus ne propose guère que 7 ou 8,000 espèces de plantes. On prétend que le célèbre Sherard en connaissait 16,000, et un calculateur moderne a cru entrevoir le maximum du règne végétal en le portant à 20,000. J'ose dire cependant que j'en ai déjà fait à moi seul une collection de 25,000, et je ne crains point de leur annoncer qu'il en existe au moins quatre à cinq fois autant sur la surface de la terre, car je ne puis raisonnablement me flatter d'être parvenu à en recueillir la quatrième ou la cinquième partie..... Qu'on ne m'objecte pas que les plantes doivent se répéter de proche en proche dans les mêmes climats et dans les mêmes parallèles. Cela peut être vrai, jusqu'à un certain point et pour quelques plantes triviales qui forment un nombre peu considérable, mais je puis assurer que partout où j'ai passé j'ai vu de différents théâtres de végétation. Le Brésil n'a rien de semblable avec la rivière de la Plata, celle-ci encore moins avec le détroit de Magellan. Taïti avait sa botanique propre, et c'est une chose incroyable que la différence qui se trouve entre les végétaux des trois îles de Bourbon, de France et de Madagascar, quoique si voisines et si approchantes en latitude. » Tout cela peut paraître vulgaire à notre époque, mais il y a cent ans on avait des idées absolument opposées. Linné et ses disciples croyaient volontiers rencontrer des plantes d'Europe dans les pays les plus éloignés. C'est une des causes de la multitude des erreurs de Thunberg, dans sa flore du Japon. Linné, imbu d'idées théologiques fort étroites, avait soutenu l'origine de toutes les espèces

du règne végétal d'un seul point du globe [1] et ses disciples, c'est-à-dire presque tous les botanistes, juraient tellement *in verba magistri*, que la vue même de végétations toutes différentes les unes des autres ne leur ouvrait pas les yeux. Les chiffres devinés par Commerson se trouvent à peu près confirmés aujourd'hui.

Ce naturaliste animé d'un esprit libéral et plein de sagacité avait compris un siècle avant ses contemporains le rôle que doivent jouer les herbiers pour le progrès de la science. Il voulait former plusieurs collections semblables dont les plantes auraient des numéros identiques, et ces collections servant de types, auraient été déposées dans plusieurs villes. L'idée des *nombreux échantillons numérotés*, cette idée simple, qui rend aujourd'hui d'immenses services à la botanique descriptive, est donc de Commerson. Dans sa générosité naturelle il aurait voulu distribuer ses types numérotés aux établissements scientifiques de vingt villes, parmi lesquelles nous remarquons Genève et Berne. Ce projet ne put avoir de suite, non plus que la fondation de prix de vertu, dans lesquels il avait devancé Montyon, mais l'idée seule montre à quel point il avait devancé les naturalistes de son époque. On aurait évité bien des confusions et des doubles emplois si les plantes de Commerson décrites à Paris par Lamarck, Jussieu, etc., avaient été représentées dans dix-neuf autres localités par des échantillons authentiques.

[1] Voir sa dissertation *De Telluris incremento* (*Amœn acad.* vol. 2).

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

sous la direction de

M. le Prof. E. PLANTAMOUR

PENDANT LE MOIS DE FÉVRIER 1862.

Le 1er, on voit à peine quelques traces de neige sur le grand Salève et sur les Voirons ; belle lumière zodiacale dans la soirée.

2, gelée blanche le matin à 6 h. ; température de l'air + 0°,7 ; le minimum a eu lieu après 6 h.

5 et 6, forte gelée blanche le matin.

Du 7 au soir au 10 au matin, la bise a soufflé avec une violence excessive et de manière à occasionner des dégats dans la ville et dans la campagne. Il faut remonter à plusieurs années en arrière (18 et 19 Nov. 1847) pour trouver un exemple d'une bise aussi violente.

Le 24, à 7 h. du soir, la lumière zodiacale s'étend au-delà des Pleïades.

25, la neige a disparu des Voirons et du grand Salève.

26, il a neigé dans la matinée, mais la neige n'a pas pris pied dans la plaine.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM.	mm	MINIMUM.	mm
Le 4, à 10 h. matin....	738,45	Le 7, à 4 h. soir.....	720,72
11, à 10 h. matin....	729,39	13, à 4 h. soir....	724,52
15, à 10 h. soir.....	729,30	18, à 6 h. matin...	719,94
21, à 8 h. matin....	728,52	21, à 10 h. soir....	724,88
23, à 10 h. matin....	730,85	24, à 6 h. soir...	722,85
27, à midi...........	727,72		

GENEVE. — Février 1862.

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 h.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale.	Température C. Moyenne des 24 heures.	Température C. Écart avec la temp. normale.	Température C. Minim.	Température C. Maxim.[1]	Tension de la vap. Moy. des 24 h.	Tension de la vap. Écart avec la tension normale.	Fract. de saturation en millièmes. Moy. des 24 h.	Fract. de saturation en millièmes. Écart avec la fraction norm.	Fract. de saturation en millièmes. Minimum.	Fract. de saturation en millièmes. Maximum.	Pluie ou neige. Eau tomb. d. les 24 h.	Pluie ou neige. Nomb. d'h.	Vent dominant.	Clarté moy. du Ciel.	Temp. du Rhône. Midi.	Temp. du Rhône. Écart avec la temp. normale.	Limnimètre à midi.
	millim.	millim.	o	o	o	o	mm.	millim.					mm.				o	o	pouces
1	732,27	+ 5,14	+ 9,18	+8,97	+ 4,4	+13,3	5,83	+1,68	701	−148	430	880	...	..	SSO. 1	0,42	5,8	+ 1,4	32,7
2	733,47	+ 6,37	+ 4,99	+4,72	− 0,2	+11,3	5,76	+1,60	876	+ 29	680	1000	...	..	variable	0,71	...	....	33,5
3	735,12	+ 8,06	+ 5,49	+5,16	+ 4,0	+ 7,8	5,63	+1,47	851	+ 6	700	950	..	..	N. 1	0,91	5,8	+ 1,4	35,4
4	737,54	+10,52	+ 5,03	+4,63	+ 1,2	+ 9,5	5,38	+1,21	839	− 4	680	980	...	..	variable	0,60	5,7	+ 1,2	35,0
5	733,42	+ 6,44	+ 4,09	+3,62	− 0,6	+10,9	5,49	+1,31	892	+ 51	670	1000	...	..	variable	0,47	5,6	+ 1,1	35,0
6	728,03	+ 1,09	+ 2,30	+1,76	− 1,9	+12,6	5,28	+1,10	956	+117	720	1000	...	..	variable	0,82	5,7	+ 1,2	35,0
7	722,73	− 4,17	+ 2,74	+2,13	− 2,0	+ 7,1	4,43	+0,24	801	− 36	570	940	...	..	variable	0,97	5,6	+ 1,1	38,0
8	726,16	− 0,70	− 5,95	−6,63	− 7,0	− 5,0	2,55	−1,64	908	+ 73	770	1000	...	..	NNE. 3	0,49	...	.....	39,0
9	727,10	+ 0,28	− 8,66	−9,42	−10,6	− 6,9	1,90	−2,30	826	− 7	690	890	...	..	NNE. 3	0,44	.	.....	39,0
10	727,59	+ 0,82	− 7,09	−7,93	−10,4	− 5,4	2,13	−2,08	809	− 21	690	1000	...	..	NNE. 2	0,79	2,6	− 2,0	34,5
11	728,90	+ 2,18	− 6,30	−7,22	− 8,0	− 3,9	2,09	−2,12	761	− 66	640	890	...	..	N. 1	0,46	3,1	− 1,5	32,5
12	726,22	− 0,46	− 4,24	−5,24	−10,3	+ 2,2	2,87	−1,35	839	+ 14	700	970	...	..	S 1	0,50	4,2	− 0,4	31,2
13	725,15	− 1,48	− 0,40	−1,49	− 6,1	+ 4,1	3,60	−0,62	803	− 20	610	950	...	..	variable	0,52	4,5	− 0,1	31,5
14	725,42	− 1,16	+ 0,51	−0,67	− 2,4	+ 3,9	3,56	−0,67	765	− 56	600	950	...	..	variable	0,26	4,7	0,0	30,5
15	728,62	+ 2,09	− 1,32	−2,59	− 6,0	+ 3,8	3,51	−0,69	854	+ 35	600	1000	...	.	variable	0,17	4,7	0,0	31,0
16	727,68	+ 1,20	− 0,56	−1,92	− 6,2	+ 4,9	3,60	−0,63	816	− 1	570	1000	...	.	SSO. 1	0,52	...	.....	30,5
17	722,67	− 3,76	+ 1,55	+0,10	− 0,1	+ 3,8	4,82	+0,58	946	+132	830	980	6,8	4	SSO. 1	0,99	4,7	− 0,1	30,0
18	720,58	− 5,80	+ 2,40	+0,86	+ 0,1	+ 5,0	5,45	+1,21	984	+172	920	1000	11,6	5	SSO. 1	0,98	4,8	0,0	30,4
19	724,65	− 1,68	+ 2,34	+0,70	+ 1,0	+ 4,0	5,41	+1,16	987	+177	950	1000	0,2	1	variable	1,00	4,8	0,0	30,2
20	726,96	+ 0,68	+ 3,40	+1,66	+ 0,9	+ 7,0	5,77	+1,52	973	+166	860	1000	9,8	8	variable	1,00	4,9	0,0	30,0
21	727,75	+ 1,52	+ 5,42	+3,58	+ 3,1	+10,0	6,62	+2,36	972	+167	840	1000	...	..	N. 1	0,59	4,9	0,0	29,0
22	727,14	+ 0,96	+ 3,20	+1,26	− 0,1	+ 7,0	5,87	+1,61	984	+182	940	1000	1,1	3	variable	0,97	5,0	0,0	29,0
23	730,01	+ 3,88	+ 6,86	+4,82	+ 2,6	+11,6	6,54	+2,27	876	+ 77	670	1000	0,1	1	NNE. 1	0,68	...	....	29,0
24	724,87	− 1,20	+ 6,62	+4,48	+ 3,9	+10,2	5,77	+1,50	796	− 1	620	900	. .	..	N. 1	0,39	5,6	+ 0,6	29,0
25	724,74	− 1,27	+ 3,68	+1,43	+ 3,0	+ 5,9	5,00	+0,72	852	+ 58	750	910	0,2	1	NNE. 1	0,99	5,8	+ 0,7	29,0
26	726,66	+ 0,71	+ 1,27	−1,09	+ 0,3	+ 3,7	5,01	+0,73	987	+196	890	1000	9,4	11	variable	1,00	5,8	+ 0,7	28,5
27	727,12	+ 1,22	+ 2,98	+0,51	+ 0,8	+ 5,8	4,65	+0,36	826	+ 37	700	980	1,0	2	NNE. 2	1,00	5,7	+ 0,5	28,2
28	724,88	− 0,96	+ 2,26	−0,31	+ 0,4	+ 5,1	4,87	+0,58	913	+127	810	980	0,6	2	NNE. 1	0,79	5,4	+ 0,2	27,5
29																			
30																			
31																			

[1] Les 8, 9 et 10 de ce mois, l'index du thermomètre maximum a été dérangé par la violence de la bise ; on a remplacé ses indications par la température la plus élevée observée pendant la journée.

MOYENNES DU MOIS DE FÉVRIER 1862.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
				Baromètre.					
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade,	730,50	730,92	731,05	730,49	729,74	729,76	729,96	730,10	730,07
2e »	725,79	726,08	726,19	725,82	725,22	725,20	725,49	725,75	725,96
3e »	726,77	727,08	727,14	727,02	726,50	726,02	726,00	726,05	726,06
Mois	727,75	728,09	728,20	727,83	727,20	727,06	727,23	727,39	727,46
				Température.					
	o	o	o	o	o	o	o	o	o
1re décade	— 0,51	— 0,39	+ 1,63	+ 3,72	+ 4,32	+ 3,45	+ 1,48	+ 0,70	— 0,09
2e »	— 3,25	— 2,83	— 0,27	+ 1,32	+ 2,44	+ 2,66	+ 1,50	+ 0,45	— 0,21
3e »	+ 2,67	+ 2,92	+ 3,76	+ 5,16	+ 6,26	+ 6,38	+ 5,47	+ 4,12	+ 3,30
Mois	— 0,58	— 0,32	+ 1,56	+ 3,28	+ 4,20	+ 4,01	+ 2,63	+ 1,59	+ 0,83
				Tension de la vapeur.					
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade,	4,25	4,19	4,38	4,57	4,63	4,56	4,67	4,48	4,47
2e »	3,57	3,60	4,03	4,05	4,27	4,38	4,36	4,35	4,27
3e »	5,32	5,39	5,51	5,89	5,72	5,70	5,79	5,52	5,30
Mois	4,31	4,32	4,58	4,76	4,81	4,82	4,88	4,73	4,64
				Fraction de saturation en millièmes.					
1re décade,	913	882	790	712	695	752	868	874	929
2e »	952	932	867	779	761	774	831	889	917
3e »	952	949	915	885	800	797	857	895	910
Mois	938	919	853	786	748	773	852	885	919

	Therm. min.	Therm. max.	Clarté moyenne du Ciel.	Température du Rhône.	Eau de pluie ou de neige.	Limnimètre.
	o	o		o	mm	p.
1re décade,	— 2,31	+ 5,52	0,66	5,26	0,0	35,7
2e »	— 3,71	+ 3,48	0,64	4,49	28,4	30,8
3e »	+ 1,75	+ 7,41	0,80	5,46	12,4	28,6
Mois	— 1,65	+ 5,33	0,69	5,02	40,8	31,9

Dans ce mois, l'air a été calme 1 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 2,25 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 10°,0 E. et son intensité est égale à 48 sur 100.

TABLEAU

DES

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS DE FÉVRIER 1862

SAINT-BERNARD. — Février 1862.

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 heures.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale.	Baromètre. Minimum.	Baromètre. Maximum.	Température, C. Moyenne des 24 heures.	Température, C. Écart avec la température normale.	Température, C. Minimum.[1]	Température, C. Maximum.[1]	Pluie ou neige. Hauteur de la neige.	Pluie ou neige. Eau tombée dans les 24 h.	Pluie ou neige. Nombre d'heures.	Vent dominant.	Clarté moy du Ciel.
	mm	mm	mm	mm	o	o	o	o	mm	mm			
1	566,59	+ 6,41	566,14	567,36	— 2,56	+ 6,88	— 4,0	0,0	......	......	......	NE. 2	0,04
2	567,74	+ 7,58	566,86	568,77	— 1,85	+ 7,58	— 2,5	— 0,8	......	......	......	NE. 1	0,14
3	569,02	+ 8,88	568,53	569,71	— 2,52	+ 6,89	— 5,5	+ 1,8	......	......	......	calme	0,09
4	570,27	+10,15	569,89	570,83	— 2,21	+ 7,19	— 3,0	— 0,3	......	......	......	NE. 1	0,06
5	568,11	+ 8,01	567,12	569,17	— 2,13	+ 7,25	— 3,4	— 0,5	......	......	......	NE. 1	0,09
6	563,49	+ 3,41	561,85	564,84	— 3,64	+ 5,72	— 5,4	— 2,0	......	......	......	NE. 1	0,32
7	556,00	— 4,06	554,08	558,92	— 8,16	+ 1,18	—11,2	— 3,8	......	......	......	NE. 1	0,51
8	552,71	— 7,33	551,46	553,60	—21,01	—11,70	—23,5	—18,0	......	......	......	NE. 1	1,00
9	552,79	— 7,24	552,29	553,49	—19,60	—10,32	—23,0	—17,3	......	......	......	NE. 1	0,64
10	554,34	— 5,67	553,28	555,39	—16,64	— 7,38	—19,0	—11,8	......	......	......	variable	0,31
11	556,95	— 3,04	555,48	557,95	—11,76	— 2,53	—14,8	— 8,0	......	......	......	calme	0,00
12	556,99	— 2,99	556,67	557,36	—13,06	— 3,86	—13,6	—11,0	......	......	......	NE. 1	0,01
13	557,54	— 2,42	556,87	558,14	—11,32	— 2,15	—14,0	— 7,3	......	......	......	NE. 1	0,00
14	558,51	— 1,43	557,92	559,54	—10,38	— 1,24	—11,2	— 7,4	......	......	......	calme	0,00
15	561,62	+ 1,69	560,44	562,57	— 7,14	+ 1,96	—10,5	— 3,3	......	......	......	calme	0,00
16	562,13	+ 2,22	561,69	562,69	— 7,82	+ 1,25	—10,0	— 4,3	......	......	......	variable	0,40
17	559,40	— 0,50	558,78	560,34	— 9,07	— 0,04	—10,6	— 7,4	......	......	......	variable	0,98
18	558,53	— 1,36	557,70	559,83	— 5,24	+ 3,75	— 7,0	— 0,8	80	5,7	12	calme	1,00
19	562,66	+ 2,79	560,95	563,94	— 4,59	+ 4,36	— 6,1	— 2,3	......	......	......	calme	0,49
20	564,63	+ 4,77	564,24	565,13	— 4,69	+ 4,21	— 5,4	— 2,6	......	......	......	SO. 1	0,98
21	564,08	+ 4,24	563,77	564,62	— 4,01	+ 4,85	— 5,0	— 0,4	10	2,1	3	SO. 1	0,84
22	563,53	+ 3,70	562,93	564,24	— 3,93	+ 4,89	— 5,2	+ 0,5	......	......	......	variable	0,98
23	564,58	+ 4,76	563,92	565,30	— 4,42	+ 4,35	— 5,3	— 2,0	......	......	......	NE. 1	0,70
24	560,49	+ 0,68	559,91	561,73	— 4,12	+ 4,60	— 7,2	— 0,4	......	......	......	variable	0,31
25	559,41	— 0,39	558,57	560,29	— 5,85	+ 2,82	— 8,6	— 1,4	......	......	......	NE. 1	0,86
26	560,60	+ 0,81	559,91	560,95	— 6,44	+ 2,17	— 8,0	— 4,2	......	......	......	SO. 1	0,82
27	561,60	+ 1,81	561,14	562,16	— 5,20	+ 3,36	— 8,3	— 0,1	......	......	......	variable	0,38
28	560,78	+ 1,00	559,81	562,09	— 6,40	+ 2,11	— 7,0	— 4,3	......	......	......	variable	0,97
29													
30													
31													

[1] Les chiffres renfermés dans ces colonnes donnent la plus basse et la plus élevée des températures observées de 6 h. du matin à 10 h. du soir, les thermométrographes étant hors de service.

MOYENNES DU MOIS DE FÉVRIER 1862.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s	8 h. s.	10 h. s.

Baromètre.

	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade,	562,14	562,46	562,58	562,22	561,89	561,95	561,98	562,04	562,06
2e »	559,33	559,62	559,92	559,80	559,74	559,94	560,16	560,43	560,47
3e »	561,88	562,09	562,10	562,11	561,81	561,68	561,83	561,91	561,91
Mois	561,06	561,34	561,49	561,33	561,10	561,16	561,29	561,43	561,45

Température.

1re décade,	— 7°,88	— 8°,21	— 7°,04	— 6°,38	— 7°,05	— 7°,69	— 8°,24	— 8°,53	— 8°,30
2e »	—10,21	— 9,22	— 7,27	— 5,83	— 6,23	— 6,96	— 8,88	— 9,29	— 9,25
3e »	— 6,82	— 5,53	— 3,89	— 2,51	— 2,39	— 3,45	— 5,41	— 5,70	— 5,74
Mois	— 8,41	— 7,80	— 6,22	— 5,08	— 5,42	— 6,22	— 7,66	— 7,99	— 7,91

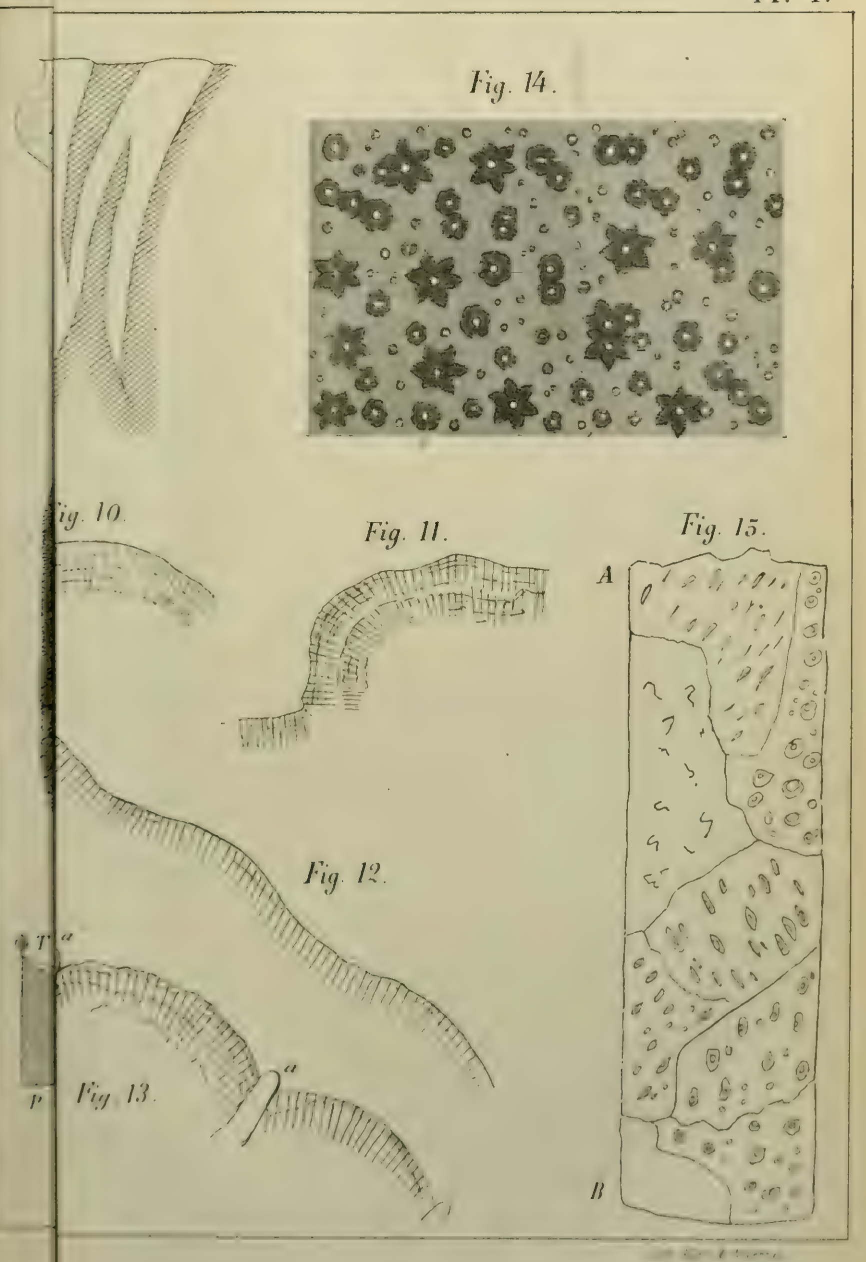
	Min. observé.[1]	Max. observé.[1]	Clarté moy. du Ciel.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée.
				mm	mm
1re décade,	—10,05	— 5,27	0,32	0,0	0
2e »	—10,32	— 5,44	0,39	5,7	80
3e »	— 6,83	— 1,54	0,73	2,1	10
Mois	— 9,22	— 4,26	0,46	7,8	90

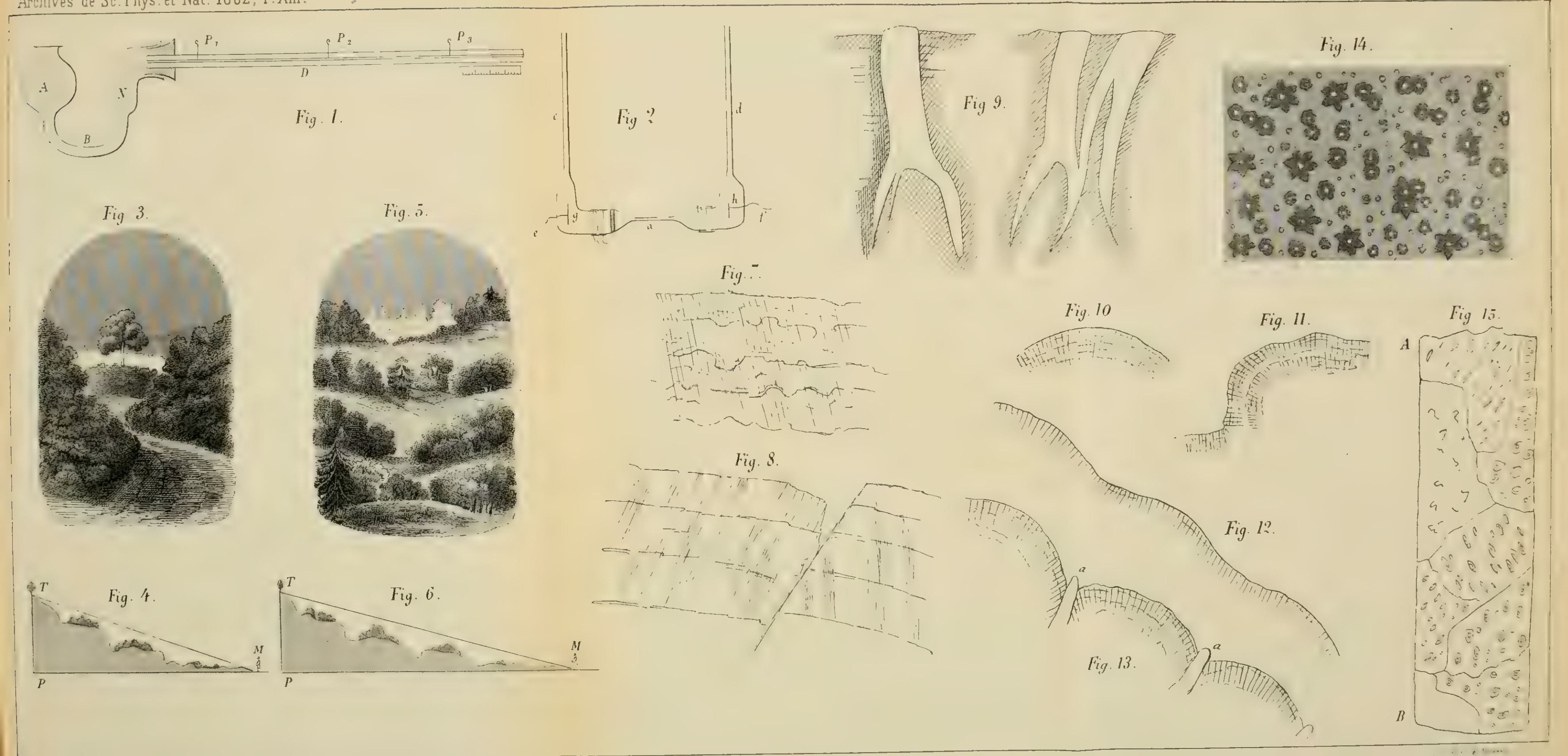
Dans ce mois, l'air a été calme 40 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 3,79 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 45°E., et son intensité est égale à 37 sur 100.

[1] Voir la note du tableau.


Fig. 14.
Fig. 10.
Fig. 11.
Fig. 15.
A
B
Fig. 12.
T
a
a
P
Fig. 13.


Fig. 1.
A
B
N
D
P_1
P_2
P_3
Fig. 2
c
d
e
f
g
h
a
Fig. 3.
Fig. 4.
T
M
P
Fig. 5.
Fig. 6.
T
M
P
Fig. 7.
Fig. 8.
Fig. 9.
Fig. 10
Fig. 11.
Fig. 12.
Fig. 13.
a
a
Fig. 14.
Fig. 15.
A
B

DE LA

THÉORIE MATHÉMATIQUE DE LA MUSIQUE

PAR

M. ALEXANDRE-P. PREVOST.

PREMIÈRE PARTIE.

1. Le travail sur la gamme des musiciens, publié par M. le docteur Ritter dans le tome VIII des *Mémoires de l'Institut national genevois,* a rouvert à la science un champ longtemps abandonné. Depuis plus d'un siècle les savants semblent avoir renoncé à approfondir la théorie mathématique de la gamme et s'être bornés, dans leurs manuels, à répéter sans s'y arrêter les idées confuses de leurs devanciers. M. Ritter, frappé des contradictions qui règnent dans la théorie elle-même et encore plus de celles qui existent entre la théorie des physiciens et la pratique des musiciens, a cherché à établir une théorie plus rationnelle, et a été ainsi conduit à fonder toute la théorie mathématique de la gamme sur les intervalles de quinte et d'octave, intervalles sur la valeur numérique desquels tout le monde est d'accord.

En développant cette idée, M. Ritter a trouvé pour la gamme des intervalles identiques avec ceux de la gamme des pythagoriciens. La vraie gamme de la musique est donc, suivant lui, la gamme des pythagoriciens, fondée

sur la *Méthode des quintes pures*. Dans la première partie de ce travail, nous reproduirons les idées de M. Ritter, qui nous paraissent pleines d'intérêt pour la théorie de la musique; nous ferons suivre ce résumé des résultats auxquels ces idées nous ont conduits.

2. La théorie généralement admise dans les livres de physique est fondée sur le fait que, lorsqu'une corde vibre, on entend avec le son principal d'autres sons plus aigus et sur l'explication que Sauveur a donnée de ce fait. Quand on met une corde tendue en vibration, il arrive souvent qu'elle se subdivise en plusieurs parties égales, en 2, en 3, en 4, en 5 parties égales, qui font chacune respectivement 2, ou 3, ou 4, ou 5 vibrations pendant la durée de la vibration fondamentale. Or l'oreille reconnaît, dit-on, outre le son fondamental, celui de l'octave aiguë de ce son, celui de l'octave de la quinte, celui de la double octave, celui de la double octave de la tierce, etc. Comme le nombre des vibrations est inverse de la longueur de la corde vibrante, on en a conclu que les rapports de 1 à 2, à 3, à 4, à 5, représentent les intervalles qui viennent d'être nommés.

Déduisant de là la valeur des notes de l'accord parfait dans la gamme en baissant d'une octave le son 3 et de deux octaves le son 5, c'est-à-dire en divisant 3 par 2 et 5 par 4, on obtient les chiffres suivants :

ut	*mi*	*sol*	*ut*
1	$\frac{5}{4}$	$\frac{3}{2}$	2
tonique ou fondamentale.	tierce ou médiante.	quinte ou dominante.	octave.

Pour obtenir les autres notes naturelles de la gamme,

on prend d'abord le *sol* pour tonique, ce qui donne le *si* et le *ré*, qui sont respectivement la tierce et la quinte du *sol* :

sol	*si*	*ré*
$\frac{3}{2}$	$\frac{15}{8}$	$\frac{9}{4}$

mais il faut encore diviser la valeur de *ré* par 2 pour le ramener dans la gamme, ce qui donne pour *ré* $\frac{9}{8}$.

Traitant enfin l'*ut* comme représentant la quinte et cherchant sa tonique et la tierce de sa tonique, on trouve :

fa	*la*	*ut*
$\frac{2}{3}$	$\frac{10}{12}$	1

et multipliant les valeurs de *fa* et de *la* par 2 pour les ramener dans la gamme, on a pour *fa* $\frac{4}{3}$ et pour *la* $\frac{5}{3}$.

La gamme se composerait donc, suivant les physiciens, des sons produits par les nombres de vibrations qui suivent, l'*ut* étant 1 :

ut		*ré*		*mi*		*fa*		*sol*		*la*		*si*		*ut*
1		$\frac{9}{8}$		$\frac{5}{4}$		$\frac{4}{3}$		$\frac{3}{2}$		$\frac{5}{3}$		$\frac{15}{8}$		2
	$\frac{9}{8}$		$\frac{10}{9}$		$\frac{16}{15}$		$\frac{9}{8}$		$\frac{10}{9}$		$\frac{9}{8}$		$\frac{16}{15}$	

Les fractions au-dessous de l'intervalle qui sépare les notes indiquent les intervalles de note à note.

Pour trouver la valeur des dièses, on multiplie dans cette théorie le chiffre des vibrations de la note naturelle, les uns disent par $\frac{25}{24}$, les autres par $\frac{135}{128}$. Pour avoir les bémols, on divise par ces mêmes fractions. On aurait ainsi, par exemple :

ut	*ut* ♯	*ré* ♭	*ré*
1	$\frac{25}{24}$	$\frac{27}{25}$	$\frac{9}{8}$

La formation des dièses et des bémols n'est pas toujours donnée de la même manière, mais les physiciens s'accordent en général à faire le bémol d'une note plus élevé en ton que le dièse de la note qui la précède, lorsque les deux notes sont séparées par un intervalle d'un ton. Ainsi ils font *ré* ♭ plus haut que *ut* ♯.

Voilà en quelques mots la théorie musicale que l'on trouve dans les livres de physique.

3. La gamme se compose théoriquement de 21 notes que l'on retrouve dans le violon et dans la voix humaine, savoir 7 notes naturelles, 7 dièses et 7 bémols. Mais dans les instruments à sons fixes, comme le piano, il n'y en a que 12, savoir les 7 notes naturelles et 5 notes accidentées. C'est que 21 notes différentes compliqueraient trop l'instrument et que l'oreille confondant deux sons très-rapprochés, se contente aisément d'une note très-voisine de celle qu'elle réclamerait strictement.

Ainsi l'*ut* ♯ est assez voisin du *ré* ♭ pour que l'oreille se contente, soit pour l'un, soit pour l'autre, d'un son intermédiaire entre les deux.

Comme les intervalles de note à note ne sont pas les mêmes dans la gamme (§ 2), on ne pourrait, avec les douze notes des instruments à sons fixes, jouer un air que dans un ton donné ; on ne pourrait pas transposer le ton, parce qu'en prenant une note différente pour tonique, on trouverait les intervalles de la tonique à toutes les autres notes changés et la mélodie ne serait plus la même. Pour obvier à cette difficulté, on altère légère-

ment la valeur des notes de manière à permettre de transposer un ton sans blesser l'oreille. C'est ce que l'on nomme le tempérament des instruments à sons fixes. Ordinairement on égalise tous les intervalles, en sorte que dans l'octave de *ut* à *ut* octave, il y a douze notes séparées par le même intervalle.

On pourrait donc, lorsqu'on écrit de la musique pour le piano, par exemple, se borner à douze signes, aux 7 notes naturelles et à 5 dièses. Ces douze signes suffiraient parfaitement à indiquer à l'exécutant quelles touches il doit jouer. Mais les véritables musiciens ne se contenteraient jamais d'un pareil procédé; il y a une orthographe en musique comme en littérature, et elle est basée sur l'origine des notes, sur leur étymologie.

Les instruments à sons fixes ne sont que le résultat de procédés pratiques, procédés imparfaits et dont on ne se contente que par suite des difficultés qu'entraînerait la réalisation pratique des nombreux intervalles musicaux que réclame l'oreille. Si l'on veut approfondir la théorie même de la musique, il faut laisser de côté les instruments à sons fixes avec leur tempérament et étudier les intervalles corrects.

4. Revenons maintenant à la gamme telle qu'elle est conçue dans les livres de physique. Il se présente dès l'abord une grande difficulté. Si l'on étudie les notes successives qui se présentent lorsqu'on s'élève de quinte en quinte, on obtient la série suivante :

ut	*sol*	*ré*	*la*	*mi*	*si*
1	$\frac{3}{2}$	$\frac{3^2}{2^2}$	$\frac{3^3}{2^3}$	$\frac{3^4}{2^4}$	$\frac{3^5}{2^5}$

Ramenant ces notes dans la gamme de *ut* 1 en divisant la valeur de *ré* et celle de *la* par 2, celle de *mi* et celle de *si* par deux fois 2, c'est-à-dire par 2^2, on obtient les fractions :

ut	*ré*	*mi*	*sol*	*la*	*si*
1	$\frac{3^2}{2^3}$	$\frac{3^4}{2^6}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{3^3}{2^4}$	$\frac{3^5}{2^7}$

dans lesquelles les valeurs de *mi*, *la* et *si* sont bien différentes de celles de ces mêmes notes suivant les livres de physique (§ 2). Comment concilier ces résultats? Ils sont évidemment contradictoires. Si l'on adopte dans la gamme pour valeurs de *mi*, de *la* et de *si* respectivement $\frac{5}{4}$, $\frac{5}{3}$ et $\frac{15}{8}$, ces valeurs deviendront fausses lorsqu'on voudra se servir de ces notes comme de quintes à l'octave et à la double octave aiguë.

Les physiciens pour tourner cette difficulté n'ont rien trouvé de mieux que d'admettre la nécessité d'un tempérament dans l'échelle théorique des notes ; idée singulière qui revient à dire que la théorie mathématique de la gamme n'est pas mathématique ; autant vaut dire que la théorie est fausse. La gamme des physiciens porte donc en elle-même une contradiction flagrante. Se réconcilie-t-elle du moins avec la pratique musicale? C'est au contraire le désaccord entre cette théorie et la pratique qui a donné d'abord l'éveil à M. Ritter sur sa fausseté. Dans sa *Méthode élémentaire*[1] M. Chevé place le dièse d'une note plus haut que le bémol de la note suivante quand l'intervalle entre les deux notes est d'un ton. Il montre que l'*ut* ♯, par exemple, est plus haut que le *ré* ♭, et tous

[1] *Méthode élémentaire de musique vocale*, par M. et Mme Emile Chevé. Paris, 1860.

les musiciens habiles que nous avons consultés, tous ceux du moins qui jouent du violon ou du violoncelle, affirment qu'il en est bien ainsi dans la pratique[1].

5. Frappé de ces contradictions, M. Ritter a laissé de côté l'idée que le *mi* dérivait de la subdivision de la corde vibrante en cinq parties égales et a calculé toutes les notes, ainsi que nous l'avons déjà dit, en ne considérant que les deux premiers sons harmoniques, ceux résultant de la subdivision de la corde en deux et en trois parties, savoir l'octave du son fondamental et l'octave de la quinte.

L'octave de la quinte étant le résultat de trois vibrations pour une du son fondamental, la quinte est représentée par la fraction $\frac{3}{2}$. Partant du son fondamental *ut*, on trouve en s'élevant de quinte en quinte la série suivante, formée des puissances successives de $\frac{3}{2}$, savoir :

ut	*sol*	*ré*	*la*	*mi*	*si*	*fa*♯	*ut*♯	*sol*♯	*ré*♯	*la*♯	*mi*♯	*si*♯
1	$\frac{3}{2}$	$\frac{3^2}{2^2}$	$\frac{3^3}{2^3}$	$\frac{3^4}{2^4}$	$\frac{3^5}{2^5}$	$\frac{3^6}{2^6}$	$\frac{3^7}{2^7}$	$\frac{3^8}{2^8}$	$\frac{3^9}{2^9}$	$\frac{3^{10}}{2^{10}}$	$\frac{3^{11}}{2^{11}}$	$\frac{3^{12}}{2^{12}}$

Pour ramener ces nombres à exprimer la valeur des notes de la gamme dont la tonique est 1, il faut diviser par 2 autant de fois qu'il y a d'octaves entre la note et la gamme primitive, et l'on aura :

[1] De Momigny en fait la remarque dans son article *semi-ton* de l'*Encyclopédie*. « On appelle, dit-il, semi-ton majeur celui de *la* à *si*♭ et mineur celui de *la* à *la*♯; et cependant si un violon ou un violoniste fait un *si*♭, il le rapproche du *la* naturel; et s'il fait un *la*♯, il le rapproche de *si*. Or, il est évident qu'alors le *semi-ton* le plus grand est celui de *la* à *la*♯, et le plus petit celui de *la* à *si*♭; et que la pratique est en contradiction avec la théorie qui devrait l'expliquer et non la contredire. » De Momigny, *Encyclopédie méthodique*, tome CXLII, *Musique*, article *semi-ton*.

ut	*sol*	*ré*	*la*	*mi*	*si*	*fa*♯	*ut*♯	*sol*♯	*ré*♯	*la*♯	*mi*♯	*si*♯
1	$\frac{3}{2}$	$\frac{3^2}{2^3}$	$\frac{3^3}{2^4}$	$\frac{3^4}{2^6}$	$\frac{3^5}{2^7}$	$\frac{3^6}{2^9}$	$\frac{3^7}{2^{11}}$	$\frac{3^8}{2^{12}}$	$\frac{3^9}{2^{14}}$	$\frac{3^{10}}{2^{15}}$	$\frac{3^{11}}{2^{17}}$	$\frac{3^{12}}{2^{18}}$

Si, au lieu de prolonger les quintes en montant, on s'abaisse de quinte en quinte depuis l'*ut* en divisant par $\frac{3}{2}$, on a la série :

fa♭	*ut*♭	*sol*♭	*ré*♭	*la*♭	*mi*♭	*si*♭	*fa*	*ut*
$\frac{2^8}{3^8}$	$\frac{2^7}{3^7}$	$\frac{2^6}{3^6}$	$\frac{2^5}{3^5}$	$\frac{2^4}{3^4}$	$\frac{2^3}{3^3}$	$\frac{2^2}{3^2}$	$\frac{2}{3}$	1

et en ramenant ces notes dans la gamme primitive en multipliant par 2 autant de fois qu'il y a d'octaves entre la note et l'*ut* 1 :

fa♭	*ut*♭	*sol*♭	*ré*♭	*la*♭	*mi*♭	*si*♭	*fa*	*ut*
$\frac{2^{13}}{3^8}$	$\frac{2^{11}}{3^7}$	$\frac{2^{10}}{3^6}$	$\frac{2^8}{3^5}$	$\frac{2^7}{3^4}$	$\frac{2^5}{3^3}$	$\frac{2^4}{3^2}$	$\frac{2^2}{3}$	1

Composant maintenant la gamme des notes naturelles, on aura les valeurs suivantes, avec les intervalles de note à note indiqués au-dessous :

ut	*ré*	*mi*	*fa*	*sol*	*la*	*si*	*ut*
1	$\frac{3^2}{2^3}$	$\frac{3^4}{2^6}$	$\frac{2^2}{3}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{3^3}{2^4}$	$\frac{3^5}{2^7}$	2
$\frac{9}{8}$	$\frac{9}{8}$	$\frac{256}{243}$	$\frac{9}{8}$	$\frac{9}{8}$	$\frac{9}{8}$	$\frac{256}{243}$	

6. Cette gamme, qui diffère de celle des livres de physique par les valeurs des notes *mi, la* et *si*, est la gamme des pythagoriciens, fondée sur les quintes pures. Elle peut se prolonger en dessus et en dessous par l'addition d'octaves sans conduire à aucune contradiction et sans qu'il soit nécessaire par conséquent de recourir à l'idée d'un tempérament théorique.

On ne rencontre dans cette gamme que deux sortes d'intervalles, l'intervalle $\frac{3^2}{2^3}$ ou $\frac{9}{8}$ et l'intervalle $\frac{2^8}{3^5}$ ou $\frac{256}{243}$, ce qui est plus conforme aux conceptions des musiciens que ne le sont les trois sortes d'intervalles qu'on trouve dans la gamme des physiciens (§ 2).

Enfin les notes accidentées sont placées dans les positions que la pratique des musiciens semble réclamer. La valeur de l'*ut*♯, par exemple, $\frac{3^7}{2^{11}} = \frac{2187}{2048} = 1{,}0679$ est plus grande que celle du *ré*♭ $\frac{2^8}{3^5} = \frac{256}{243} = 1{,}0535$ c'est-à-dire que l'*ut*♯ est plus aigu que le *ré*♭.

7. Il serait fort désirable de pouvoir décider directement par l'observation et pour chaque note laquelle de ces deux gammes théoriques, celle des livres de physique ou celle des quintes pures, répond le mieux aux besoins de l'oreille; mais ces expériences sont très-difficiles. M. Ritter discute celles de M. Delezenne de Lille et montre qu'elles sont peu concluantes, surtout à cause des idées théoriques préconçues de l'auteur, qui ont à son insu influé sur les résultats de ses observations.

Celles de M. le docteur Möhring, dirigées d'une manière plus philosophique, donnent, suivant les calculs de M. Ritter, des résultats qui concordent singulièrement mieux avec la gamme de la méthode des quintes pures qu'avec celle des livres de physique. Ainsi pour les cinq intervalles différents étudiés par M. Möhring, les valeurs données par l'expérience ne diffèrent presque pas de celles que fournit la méthode des quintes pures, les écarts ne dépassant pas $-3{,}6$ vibrations et $+0{,}9$, tandis que les écarts entre les résultats de l'expérience et les valeurs calculées par la théorie ordinaire des physiciens s'élèvent à $-18{,}5$ vibrations et à $+8{,}3$. Ces chiffres sont assez

remarquables. Il serait intéressant que d'autres observateurs musiciens voulussent bien répéter ce genre d'expériences.

SECONDE PARTIE.

8. Nous avons dans ce qui précède donné une courte analyse de la question de la théorie musicale telle qu'elle est posée aujourd'hui par les mathématiciens. Notre but est maintenant de prendre pour base de la gamme la méthode des quintes pures et d'en développer quelques-unes des conséquences théoriques. Chemin faisant, nous chercherons à comparer ces conséquences avec la pratique et les idées des musiciens; mais nous ne présentons ces rapprochements qu'avec beaucoup de réserve, n'étant point versé, nous-même, dans l'art musical. Nous désirons seulement attirer l'attention des experts sur les résultats auxquels conduit la théorie, afin qu'ils puissent juger eux-mêmes de sa valeur comme expression de la réalité.

9. Nous commencerons par établir la série des 21 notes de la gamme, en suivant l'échelle des tons, c'est-à-dire du nombre des vibrations. La valeur de chacune des notes a déjà été calculée dans le § 5; le tableau N° 1 (Planche II) les donne arrangées en ordre.

On remarquera en passant que le *si* ^{5}, qui dans ce tableau se trouve être la seconde note de la gamme, est le dièse du *si* naturel de l'octave au-dessous. En effet le *si* ^{5}, calculé dans le § 5, savoir $\frac{3^{12}}{2^{18}} = \frac{531441}{262144}$, a une valeur supérieure à 2 et sort par conséquent de l'octave *ut* 1 à *ut* 2. Pour avoir un *si* ^{5} compris entre 1 et 2, valeurs ex-

trêmes des notes de la gamme qui nous occupe, il faut diviser encore une fois $\frac{3^{12}}{2^{18}}$ par 2; ce qui donne $\frac{3^{12}}{2^{19}}$.

La première observation qui se présente, c'est que, quoiqu'il existe bien un rapport constant entre une note et son dièse et aussi entre une note et son bémol, ces relations n'ont rien de spécial. Nous avons trouvé les dièses et les bémols en développant simplement la série des quintes, et il n'y a théoriquement point de raison pour rapprocher comme on le fait dans le langage une note dièse ou une note bémol de la note naturelle dont elle prend le nom. Les musiciens ont trouvé commode de rappeler les relations qui existent entre une note et son dièse ou son bémol en donnant le même nom générique à ces trois notes; mais la théorie n'y reconnaît aucune relation générique.

Le tableau N° 1 montre bien, du reste, que les notes accidentées sont toujours, comme le veulent les musiciens, dans des relations constantes avec les notes naturelles dont elles portent le nom.

L'intervalle d'une note à son *dièse* est toujours $\frac{3^7}{2^{11}}$; en d'autres termes il faut multiplier le chiffre qui indique le nombre de vibrations d'une note par $\frac{3^7}{2^{11}} = \frac{2187}{2048}$ pour avoir son dièse.

L'intervalle du *bémol* à la note qui lui correspond est aussi $\frac{3^7}{2^{11}}$; c'est-à-dire qu'il faut multiplier par cette fraction la valeur du bémol pour avoir la note naturelle. Donc pour trouver le bémol d'une note naturelle, il faut diviser la valeur de la note par $\frac{3^7}{2^{11}}$ ou, ce qui revient au même, multiplier par $\frac{2^{11}}{3^7} = \frac{2048}{2187}$.

Si l'on considère deux notes naturelles consécutives séparées par un intervalle d'un ton entier, comme *ut* et

ré, on trouve entre les deux le bémol de la seconde, avant le dièse de la première :

UT RÉ$^\flat$ UT$^\sharp$ RÉ

L'intervalle *ut* à *ré* est égal à celui de *ut*$^\sharp$ à *ré*, savoir $\frac{2^8}{3^5}$. Celui de *ré* à *ut*$^\sharp$ est $\frac{3^{12}}{2^{19}}$ et équivaut à ce que l'on nomme tantôt le comma diatonique, tantôt le comma de Pythagore, ou encore le comma diésis. Pour nous ce sera simplement le *comma*[1].

On vérifie facilement l'exactitude de ces intervalles en les comparant à l'intervalle entier ou d'un ton, en effet

$$\frac{2^8}{3^5} \times \frac{3^{12}}{2^{19}} \times \frac{2^8}{3^5} = \frac{3^2}{2^3}.$$

10. Si l'on voulait continuer à examiner ainsi directement le tableau de la gamme, on se trouverait vite embarrassé par les chiffres compliqués des puissances de 2 et de 3. On peut simplifier le travail en étudiant la nature des différents intervalles. La colonne intitulée *intervalles numériques*, tableau N° 1, donne la valeur des intervalles de note à note. On verra qu'il n'en existe que trois différents, savoir $\frac{3^{12}}{2^{19}}$, $\frac{2^{27}}{3^{17}}$ et $\frac{2^8}{3^5}$. Le troisième $\frac{2^8}{3^5}$ n'est que le produit des deux autres, $\frac{3^{12}}{2^{19}} \times \frac{2^{27}}{3^{17}} = \frac{2^8}{3^5}$; en sorte que si l'on représente $\frac{3^{12}}{2^{19}}$ par a et $\frac{2^{27}}{3^{17}}$ par b, le troisième intervalle sera $a \times b$. (Voyez le tableau.)

On arrive ainsi à ne reconnaître que deux intervalles fondamentaux dans l'échelle des 21 notes; l'intervalle a que nous connaissons déjà (§ 9) sous le nom de *comma*,

[1] La théorie des physiciens a fait admettre un comma syntonique valant $\frac{81}{80}$; mais ce comma n'a pour nous aucune raison d'être. C'est la différence qui existe entre le *mi* des quintes pures et le prétendu *mi* résultant de la subdivision de la corde en cinq.

et l'intervalle b, auquel nous donnerons le nom de *diastème*.

Le *comma* désigné par la lettre a vaut $\frac{3^{12}}{2^{19}} = \frac{531441}{524288}$; il est compris entre les fractions $\frac{75}{74}$ et $\frac{74}{73}$ et équivaut à 1,01364. Il a les puissances de 3 au numérateur et celles de 2 au dénominateur.

Le *diastème* désigné par la lettre b vaut $\frac{2^{27}}{3^{17}} = \frac{134217728}{129140163}$; il est compris entre les fractions $\frac{27}{26}$ et $\frac{26}{25}$ et équivaut à 1,03932. Il a les puissances de 2 au numérateur et celles de 3 au dénominateur.

Si l'on prend pour point de départ l'*ut* faisant une vibration dans un certain temps, on peut reconstruire la gamme avec ses 21 notes exprimées en commas et en diastèmes. (Voyez l'avant-dernière colonne du tabl. N° 1.)

Cette colonne donne immédiatement la valeur d'un intervalle quelconque en commas et en diastèmes. La quinte, par exemple, se compose de 10 commas et de 7 diastèmes; l'octave se compose de 17 commas et de 12 diastèmes.

Exprimée en commas et en diastèmes, la gamme naturelle devient :

UT	RÉ	MI	FA	SOL	LA	SI	UT
1	a^3b^2	a^6b^4	a^7b^5	$a^{10}b^7$	$a^{13}b^9$	$a^{16}b^{11}$	$a^{17}b^{12}$

L'intervalle de seconde majeure *ut-ré* se compose donc de 3 commas et de 2 diastèmes a^3b^2.

La seconde mineure ou LIMMA *ut-ré*♭ ou *ut*♯*-ré* se compose de 1 comma et de 1 diastème $a\,b$.

La seconde chromatique ou APOTHOME *ut-ut*♯ ou *ré*♭*-ré* se compose de 2 commas et de 1 diastème $a^2\,b$. C'est l'intervalle d'une note à son dièse[1].

[1] Ces résultats semblent bien cadrer avec les idées de M. Chevé, *Méthode élémentaire*, IIIe partie, Livre I, chap. V, p. 241.

11. Étudions maintenant ce qui a lieu lorsqu'on essaie de transposer un air d'un ton dans un autre, c'est-à-dire lorsque l'on change la note fondamentale de la gamme du ton.

On sait que Rousseau[1] a proposé que l'on gardât pour les noms des notes les lettres C D E F G A B qui sont en usage presque partout, sauf en France. Les expressions *ut ré mi fa sol la si* ne représenteraient alors les notes que par rapport à leur position relativement à la note fondamentale du ton ; *ut* serait l'équivalent de *tonique*, *ré* de *seconde*, *mi* de *tierce* et ainsi de suite. Adoptant pour un moment cette distinction dans la désignation des notes, supposons un instrument donnant les 21 notes de l'octave théorique et accordé en partant de C (*ut*) pour note fondamentale, c'est-à-dire accordé dans le ton d'*ut* majeur ou C *sol ut*.

Les intervalles de note à note n'étant point les mêmes (voyez le tableau N° 1), il s'ensuit que lorsque, au lieu de prendre pour point de départ la note C (*ut*), on part de toute autre note, on ne retrouve plus une série d'inter-

[1] « *Ut* ou *ré*, » dit-il, « ne sont point ou ne doivent point être telle ou telle touche du clavier, mais telle ou telle corde du ton. Quant aux touches fixes, c'est par les lettres de l'alphabet qu'elles s'expriment. La touche que vous appelez *ut* je l'appelle C ; celle que vous appelez *ré* je l'appelle D. Ce ne sont pas des signes que j'invente, ce sont des signes tout établis, par lesquels je détermine très-nettement la fondamentale d'un ton. » (*Dictionnaire de musique*, article *solfier*.)

Ailleurs il dit encore, en parlant des musiciens français : « C *sol ut*, *ut* et C ne sont pour eux que la même chose. Mais dans le système de Gui (d'Arezzo), *ut* est une chose et C en est une fort différente, et quand il a donné à chaque note une syllabe et une lettre, il n'a pas prétendu en faire des synonymes. » (*Dict. de musique*, art. *gamme*.)

valles semblable à celle qui suit C (*ut*). Si l'on prend, par exemple, pour point de départ la note D (*ré*), $a^3\ b^2$, si on la prend pour l'*ut*, il faudrait trouver d'abord un intervalle d'un comma donnant la note correspondant au B$^\sharp$ (*si*$^\sharp$) de la gamme de C (*ut*) majeur ; mais la note qui suit le D (*ré*) est E$^\flat$ (*mi*$^\flat$) avec un intervalle d'un comma et d'un diastème, ce qui correspond au *ré*$^\flat$ de la gamme d'*ut*, et ainsi de suite.

Dans la première colonne du tabl. N° 2 (Pl. III), on a prolongé la gamme de C (*ut*) sur deux octaves en commençant par l'octave grave de C 1 (*ut* 1) ; c'est-à-dire en partant de C (*ut*) $\frac{1}{2}$ qui, exprimé en commas et en diastèmes, équivaut à $\frac{1}{a^{17} \times b^{12}} = a^{-17} \times b^{-12}$. Les notes sont toutes exprimées en valeurs de commas et de diastèmes. Puis dans les colonnes suivantes on a pris successivement pour *ut* chacune des notes de la gamme et l'on a inscrit dans chaque colonne le nom de la note de la gamme d'*ut*, toutes les fois qu'on a trouvé dans la première colonne une note exactement correspondante. Ainsi dans la 5e colonne de notes, intitulée D ou *ré*, on a inscrit *ut* vis-à-vis du D (*ré*) de la 1re colonne ; puis le E$^\flat$ (*mi*$^\flat$) qui suit le D (*ré*) dans la 1re colonne étant à un intervalle de $a\ b$ du D (*ré*), on a inscrit dans la 5e colonne *ré*$^\flat$ vis-à-vis de E$^\flat$ (*mi*$^\flat$) ; puis *ut*$^\sharp$ vis-à-vis de D$^\sharp$ (*ré*$^\sharp$). Vis-à-vis de F$^\flat$ (*fa*$^\flat$) on n'a rien inscrit dans la 5e colonne, l'intervalle de *ré* à *fa*$^\flat$ étant de $a^2\ b^2$ qui n'est pas représenté dans la gamme de C (*ut*) majeur et ainsi de suite.

On a établi de la sorte 21 séries de notes dans chacune desquelles, sauf la série de C (*ut*), il manque plus ou moins des notes de la gamme.

En examinant chacune de ces séries, on reconnaîtra qu'il y en a un certain nombre dans lesquelles on trouve

au complet les sept notes de la gamme naturelle, *ut ré mi fa sol la si*, savoir les séries :

C	D♭	C♯	D	E♭	E	F	G♭	F♯	G	A♭	A	B♭	C♭	B
ut	*ré*♭	*ut*♯	*ré*	*mi*♭	*mi*	*fa*	*sol*♭	*fa*♯	*sol*	*la*♭	*la*	*si*♭	*ut*♭	*si*

On pourra donc prendre pour point de départ l'une quelconque de ces 15 notes et jouer une gamme exactement correspondante à la gamme naturelle de *ut* majeur. Mais si l'on commence par une des autres notes, savoir :

B♯	D♯	F♭	E♯	G♯	A♯
si♯	*ré*♯	*fa*♭	*mi*♯	*sol*♯	*la*♯

il manquera une ou plusieurs des sept notes correspondantes aux notes naturelles du ton d'*ut* majeur.

Si l'on arrange en une série de quintes les 15 notes qui peuvent servir de toniques pour une gamme correspondante à la gamme naturelle de *ut* majeur, on aura :

ut	*sol*	*ré*	*la*	*mi*	*si*	*fa*♯	*ut*♯
	fa	*si*♭	*mi*♭	*la*♭	*ré*♭	*sol*♭	*ut*♭

Ces notes sont précisément celles que les musiciens ont admises comme désignant les différents tons majeurs dans lesquels on peut composer. Autrement il faudrait des doubles dièses à la clef, ce qui ne se voit pas[1].

La méthode des quintes pures est donc bien d'accord dans ce résultat avec la pratique de l'art musical, dont elle donne en même temps l'explication raisonnée.

12. On verra dans le tableau N° 2 que les notes disparaissent une à une selon une loi parfaitement régulière,

[1] Les signes double dièse et double bémol ne se mettent jamais à la clef; ils ne peuvent être qu'accidentels, encore sont-ils rares. F.-C. Busset, *La musique simplifiée*, 1re partie, *Mélodie*, ch. XIV.

lorsqu'on passe successivement d'un ton à l'autre en suivant la série des quintes. Si du ton C (*ut*) majeur on passe au ton de G (*sol*), au lieu de 21 notes on n'en retrouve que 20, le *si*$^{\sharp}$ ayant disparu. Dans le ton de D (*ré*), il n'y a plus que 19 notes; il manque le *si*$^{\sharp}$ et le *mi*$^{\sharp}$. Dans le ton de A (*la*), il manque les notes *si*$^{\sharp}$, *mi*$^{\sharp}$ et *la*$^{\sharp}$, et ainsi de suite jusqu'au ton de C$^{\sharp}$ (*ut*$^{\sharp}$) dans lequel il manque toutes les notes affectées d'un dièse et il ne reste que les 7 notes naturelles et les 7 bémols. C'est là qu'on est forcé de s'arrêter quand on veut reproduire dans les différents tons l'air de la gamme d'*ut* majeur; car, à la quinte suivante, au ton de G$^{\sharp}$ (*sol*$^{\sharp}$), la note *si* naturel manque.

Lorsqu'au lieu de prendre la série des quintes en montant, on la suit en descendant, on voit disparaître d'abord dans le ton de F (*fa*) la note *fa*$^{\flat}$, puis dans le ton B$^{\flat}$ (*si*$^{\flat}$), les notes *fa*$^{\flat}$ et *ut*$^{\flat}$ et ainsi de suite jusqu'au ton de C$^{\flat}$ (*ut*$^{\flat}$) dans lequel toutes les notes affectées d'un bémol manquent. A la quinte suivante, dans le ton de F$^{\flat}$ (*fa*$^{\flat}$), la note *fa* naturel disparaît.

13. Si des tons ou modes majeurs on passe aux tons mineurs, on reconnaîtra de suite que les 6 notes pour lesquelles on ne peut pas établir la gamme majeure ne pourront pas donner lieu à une gamme mineure *relative*, puisque lorsqu'on joue une gamme mineure, on passe en redescendant par les sept notes de la gamme majeure relative. Il y aura au contraire 15 tons mineurs possibles correspondant aux 15 tons majeurs et que l'on nomme leurs relatifs, savoir :

la	*mi*	*si*	*fa*$^{\sharp}$	*ut*$^{\sharp}$	*sol*$^{\sharp}$	*ré*$^{\sharp}$	*la*$^{\sharp}$
	ré	*sol*	*ut*	*fa*	*si*$^{\flat}$	*mi*$^{\flat}$	*la*$^{\flat}$

Lorsqu'on joue une gamme mineure, on dièse en montant la septième note, que l'on nomme la sensible. Or si, par suite de la transposition du ton, la septième note se trouve déjà affectée d'un dièse, le dièse de cette note déjà diésée manquera dans l'échelle (voyez le tableau). C'est ce qui arrive pour les tons mineurs *sol*♯, *ré*♯ et *la*♯, relatifs des tons majeurs *si*, *fa*♯ et *ut*♯. On ne trouve, dans les 21 notes de la gamme, point de représentant d'un dièse d'une note déjà diésée ; il faut donc, pour jouer ces trois tons mineurs, trois notes nouvelles, les 21 ne suffisant plus. Ces nouvelles notes sont des doubles dièses.

14. La méthode des quintes pures détermine la valeur des doubles dièses de la même manière qu'elle a déterminé celle des autres notes en prolongeant simplement la série des quintes. Si (§ 5), au lieu de s'arrêter au *si*♯ on continue à s'élever de quinte en quinte, on trouvera que de même que la quinte du *si* est le *fa*♯, la quinte du *si*♯ sera le *fa*♯♯, et l'on aura la série :

si♯	*fa*♯♯	*ut*♯♯	*sol*♯♯	*ré*♯♯	*la*♯♯	*mi*♯♯	*si*♯♯
$\frac{3^{12}}{2^{12}}$	$\frac{3^{13}}{2^{13}}$	$\frac{3^{14}}{2^{14}}$	$\frac{3^{15}}{2^{15}}$	$\frac{3^{16}}{2^{16}}$	$\frac{3^{17}}{2^{17}}$	$\frac{3^{18}}{2^{18}}$	$\frac{3^{19}}{2^{19}}$

Lorsqu'on s'abaisse de quinte en quinte et qu'on prolonge la série au-dessous de *fa*♭ (§ 5), on trouve que, de même que la sous-dominante du *fa* est *si*♭, la sous-dominante du *fa*♭ est *si*♭♭, et l'on a la série suivante des doubles bémols :

fa♭♭	*ut*♭♭	*sol*♭♭	*ré*♭♭	*la*♭♭	*mi*♭♭	*si*♭♭	*fa*♭
$\frac{2^{15}}{3^{15}}$	$\frac{2^{14}}{3^{14}}$	$\frac{2^{13}}{3^{13}}$	$\frac{2^{12}}{3^{12}}$	$\frac{2^{11}}{3^{11}}$	$\frac{2^{10}}{3^{10}}$	$\frac{2^{9}}{3^{9}}$	$\frac{2^{8}}{3^{8}}$

On ramènera facilement les doubles dièses et les dou-

bles bémols dans l'échelle de l'octave de la note fondamentale en divisant par 2 la valeur des doubles dièses autant de fois qu'il sera nécessaire et en multipliant par 2 la valeur des doubles bémols autant de fois qu'il le faudra.

Ainsi l'*ut*$^{\sharp\sharp}$, dans la gamme de *ut* 1, vaut $\frac{3^{14}}{2^{22}}$. Or l'*ut*$^{\sharp}$ valant $\frac{3^7}{2^{11}}$, l'intervalle de *ut*$^{\sharp}$ à *ut*$^{\sharp\sharp}$ est le même que celui de *ut* naturel à *ut* dièse. Ce résultat se vérifie pour toutes les notes et l'on en conclut que l'intervalle d'une note à son double dièse se compose de deux intervalles de dièse.

La règle est semblable pour les doubles bémols. L'*ut*$^{\flat\flat}$ vaut $\frac{2^{22}}{3^{14}}$, et l'intervalle de *ut*$^{\flat\flat}$ à *ut*$^{\flat}$ est le même que celui de *ut*$^{\flat}$ à *ut*, savoir $\frac{3^7}{2^{11}}$.

Il est facile d'exprimer la valeur de ces nouvelles notes en commas et en diastèmes. L'*ut* étant 1, l'*ut*$^{\sharp}$ est $a^2 b$, donc l'*ut*$^{\sharp\sharp}$ sera $a^4 b^2$. L'*ut*$^{\flat}$ valant $a^{-2} b^{-1}$; l'*ut*$^{\flat\flat}$ vaudra $a^{-4} b^{-2}$. De même *ré* valant $a^3 b^2$ et *ré*$^{\sharp}$ $a^5 b^3$, *ré*$^{\sharp\sharp}$ vaudra $a^7 b^4$; *ré*$^{\flat}$ valant $a\, b$, *ré*$^{\flat\flat}$ vaudra a^{-1}.

Le tableau N° 3 (Pl. IV) donne l'échelle de toutes les notes naturelles de la gamme avec celles des notes dièses, doubles dièses, bémols et doubles bémols, en tout 35 notes, exprimées en valeurs des puissances de 2 et de 3, et aussi en commas et en diastèmes et arrangées dans l'ordre du nombre de leurs vibrations.

Il serait intéressant de pouvoir comparer cette échelle des 35 notes avec celle qu'établirait un musicien. La seule indication un peu précise que nous ayons rencontrée de la position relative des notes doubles dièses et doubles bémols, se trouve dans la *Méthode élémentaire* de M. et Mme Chevé, ouvrage très-remarquable par la netteté des idées qui y règne. Dans la IIIme partie, liv. 1,

chap. 2, se trouve le tableau comparatif suivant des intervalles depuis le comma jusqu'à la tierce majeure :

fa, $mi^{\sharp}$, $sol^{\flat}$, $fa^{\sharp}$, $la^{\flat\flat}$, *sol*, $fa^{\sharp\sharp}$, $la^{\flat}$, $sol^{\sharp}$, $si^{\flat\flat}$, *la*.

Ce tableau est parfaitement d'accord avec notre tableau N° 3 pour la position de chacune des notes. La seule différence consiste dans l'omission de la note $mi^{\sharp\sharp}$ dans le tableau de M. Chevé, note que nous plaçons entre le $fa^{\sharp}$ et le $la^{\flat\flat}$. Nous sommes porté à croire qu'il n'y a là peut-être qu'une simple omission, car la note $mi^{\sharp\sharp}$ devrait figurer quelque part entre le $mi^{\sharp}$ et le *la* qui termine le tableau dans la *Méthode élémentaire*.

15. On pourrait faire, sur l'échelle des 35 notes du tableau N° 3, une étude analogue à celle que nous avons faite sur l'échelle des 21 notes. En l'examinant de note à note, on y reconnaîtrait un intervalle nouveau, au-dessous de ceux de la gamme à 21 notes. Outre le *comma* et le *diastème*, il faudrait admettre un intervalle plus petit, celui de $ut^{\sharp\sharp}$ à $fa^{\flat\flat}$, égal à $\frac{b}{a}$. En le désignant par b' on aurait $b = ab'$, et en remplaçant partout b par cette valeur, on réduirait de nouveau tous les intervalles à deux ; l'un a, le *comma*, portant les puissances de 3 au numérateur et celles de 2 au dénominateur ; l'autre b', le *sous-diastème*, ayant les puissances de 2 au numérateur et celles de 3 au dénominateur.

On pourrait ensuite former les triples dièses et les triples bémols en prolongeant la série des quintes. Ces notes seraient, par rapport aux doubles dièses et aux doubles bémols, ce que les dièses et les bémols sont aux notes naturelles. Le triple dièse d'*ut* serait $\frac{3^{21}}{2^{33}}$, ou $a^6 b^3$, ou $a^9 b'^3$ et s'intercalerait entre $ré^{\sharp}$ et $fa^{\flat}$. Mais ces dé-

veloppements purement théoriques ne paraissent guère avoir d'application dans l'art musical.

16. Il résulte des considérations qui précèdent qu'en développant la méthode des quintes pures, on parvient à des résultats parfaitement d'accord avec les idées des musiciens. La position relative des dièses et des bémols, l'échelle des notes, y compris les doubles dièses et les doubles bémols, la théorie des tons ou des modulations, tout cela s'explique et se vérifie par des procédés de calculs simples, quand on adopte cette méthode. Elle ne rend peut-être pas compte encore de tout ce qui se remarque dans l'art musical, mais elle n'est en contradiction directe avec aucun résultat pratique.

Une difficulté qui se présente, c'est l'espèce de préférence que les musiciens semblent avoir pour certains tons ou modes pour exprimer certains sentiments.

Il ne s'agit pas ici du choix que le compositeur doit faire dans les tons par suite de circonstances diverses, tenant surtout à la nature des instruments de musique. Ainsi il a à tenir compte du diapason de l'instrument; s'il écrit pour le chant, par exemple, le ton qu'il employera sera différent pour une voix de basse et pour une voix de soprano, ou même pour une voix de baryton. Il y a aussi certains tons qui rendent mieux sur tel ou tel instrument; dans le violon, par exemple, les tons qui mettent en évidence les notes qui se jouent sur les cordes à vide seront plus sonores que ceux pour lesquels les doigts seront presque toujours posés sur les cordes. Le compositeur doit tenir compte d'une foule de circonstances de ce genre, lorsqu'il écrit pour un orchestre.

Nous ne parlons pas non plus du choix qu'il fait entre

un mode majeur ou mineur; entre ces deux genres de tons, la différence est évidente; mais les musiciens, sans sortir du mode majeur, par exemple, préfèrent dans certains cas des tons diésés et dans d'autres des tons bémolisés pour réaliser certains sentiments. Or, d'après la théorie des quintes pures, les différents tons musicaux ne varient que parce que leurs notes sont plus haut ou plus bas dans l'échelle de la gamme. La tonique, ou note fondamentale, varie, mais la mélodie, ou la gamme, est toujours parfaitement la même dans tous les tons. Il n'y a pas de doute qu'il n'en soit ainsi pour le chant; un chanteur reproduira identiquement un air quelle que soit la note de la gamme qu'il prenne pour point de départ; c'est ce que M. Chevé établit clairement. Mais les experts affirment que lorsqu'il s'agit de musique instrumentale, il faut distinguer quelque chose de plus dans le ton que la simple position plus ou moins haute de la gamme. Les tons diésés leur paraissent plus brillants; plus éclatants, les tons bémolisés leur inspirent des idées de douceur, de moëlleux.

Ce qu'il y a de curieux, c'est qu'ils reconnaissent cette différence même sur le piano, pour lequel ils admettent cependant un tempérament égal. Est-ce un effet de l'imagination, ou bien faut-il croire que le tempérament n'est pas égal sur le piano? Un artiste fort instruit, professeur habile de théorie, nous a dit que cette différence d'impression que font les tons diésés et les tons bémolisés, lui semblait persister même pour les tons ou gammes enharmoniques sur le piano; ainsi le ton de *fa*♯ avec 6 dièses lui paraît brillant; tandis que le ton de *sol*♭ avec 6 bémols lui paraît plus moëlleux, plus doux; pourtant ces deux tons sont sur le piano absolument identiques.

Nous ne sommes pas assez musicien pour expliquer ces impressions. S'il nous était permis de hasarder une hypothèse, nous demanderions s'il n'y aurait pas là peut-être quelque effet de l'habitude? Ne serait-il pas possible que les musiciens fussent dans l'usage de choisir des tons diésés lorsqu'ils veulent exprimer des idées brillantes, tandis qu'ils prennent des tons bémolisés lorsqu'ils veulent exprimer des idées plus douces, et que cet usage les conduise ensuite à croire que ce sont les tons eux-mêmes qui produisent ces différences. Nous avons une fois demandé à un musicien dont la délicatesse de l'oreille est bien connue, de jouer un air en *ut* majeur; puis nous l'avons prié de jouer le même air en prenant pour tonique la note qui se trouve sur le piano entre le *fa* et le *sol* naturels. L'air exécuté, nous lui demandâmes dans quel ton il venait de jouer. — En *fa*♯, répondit-il, sans hésiter. — Nous lui dîmes qu'il avait joué en *sol*♭. — Non, reprit-il, c'est trop éclatant, c'est du *fa*♯ et non du *sol*♭. Tenez, continua-t-il, voici du *sol*♭ majeur, et il joua le même air, sans sortir du ton, mais en introduisant quelques modifications qui donnèrent de suite à l'air une certaine douceur, quelque chose qui, à mon oreille, semblait se rapprocher d'un ton mineur.

Il resterait à expliquer pourquoi les musiciens auraient pris l'habitude de choisir plutôt des tons bémolisés pour exprimer des idées douces et moëlleuses. Pourquoi cet usage si, après tout, ces tons n'offrent rien de fondamentalement différent des tons diésés? Qu'est-ce qui peut avoir influé pour cela sur les musiciens? Si l'on nous permet de faire encore une conjecture, nous pouvons imaginer que la liaison d'idées qui existe à ce sujet chez les compositeurs dérive de ce que, dans l'origine, lorsque

l'on passe du ton d'*ut* majeur, ton que l'on étudie ordinairement en commençant, au ton d'*ut* mineur, on rencontre immédiatement des notes bémols. La tierce majeure *ut mi* devient *ut mi*♭ et la sixte majeure *ut la* devient *ut la*♭. Les premières idées du bémol se lient ainsi immédiatement avec celles d'un ton mineur. Peut-être est-on porté, à cause de cette liaison et sans s'en rendre compte, à penser que les notes bémols ont quelque chose de langoureux en elles-mêmes et à choisir des tons bémolisés pour exprimer des idées douces et tendres.

17. Nous concluons donc, comme M. Ritter, que la méthode des quintes pures suffit pour expliquer la théorie de la musique. L'oreille saisit avec plaisir et rapidité tous les rapports des nombres 2 et 3 et ceux de leurs puissances, mais elle néglige tous les autres nombres. Chacun sait combien il est facile à l'esprit de concevoir la division d'une quantité en deux, puis encore en deux et ainsi de suite. La subdivision en trois est aussi très-facile, elle se sent; mais qu'on essaie de diviser une quantité en cinq parties égales, puis encore en cinq, l'effort de l'imagination est tout autre et l'esprit ne réussit guère à réaliser ces subdivisions. Les musiciens l'ont bien remarqué dans ce que l'on appelle la *mesure;* ils n'emploient jamais que des rhythmes à deux ou à trois temps, ou résultant de la combinaison de ces deux nombres.

La mesure à cinq temps n'existe pas. M. Chevé s'exprime comme suit à propos de la mesure[1] : « Notre oreille ne pouvant suivre rigoureusement que les divisions et les subdivisions binaires et ternaires, la musique ne peut rendre exactement que les fractions dont les dé-

[1] *Méthode élémentaire*, IIIe partie, liv. 2, chap. 1.

nominateurs ne contiennent que les facteurs deux et trois; tels sont les tiers, les quarts, les sixièmes, les huitièmes, les douzièmes, les dix-huitièmes, les vingt-septièmes, etc. Mais nous n'avons pas la faculté de mesurer rigoureusement les cinquièmes, les onzièmes, les treizièmes, les dix-septièmes, etc., et toutes les autres fractions, dont les dénominateurs contiennent d'autres facteurs premiers que deux et trois. » La méthode des quintes pures ne fait qu'étendre aux valeurs mathématiques des intervalles musicaux, cet axiome que les musiciens ont déjà reconnu dans la mesure rhythmique.

18. C'est la théorie des sons harmoniques qui a conduit à introduire le chiffre 5 dans la théorie musicale des physiciens ; mais il n'y a rien de bien logique dans cette idée. Pourquoi, après avoir cru trouver ainsi dans la nature l'explication des sons harmoniques, s'arrêtent-ils au chiffre 5 sur lequel ils basent le *mi?* Pourquoi ne fondent-ils pas quelque autre note sur le chiffre 7, puis une autre sur le chiffre 11 ? S'ils se croyent fondés à interrompre la série des sons harmoniques au chiffre 5, nous demandons la permission de nous arrêter plutôt au chiffre 3, ou si l'on veut à 4, qui est le double de 2. Il y a certainement un saut plus fort du 3 au 5 que du 5 au 7 ; ou, si l'on veut, il y a un intervalle plus grand du 4 au 5 que du 6 au 7, et si l'on doit s'arrêter quelque part, il est au moins aussi logique de s'arrêter au 3 qu'au 5.

Reste la question de fait : La résonnance de la cinquième partie de la corde fondamentale donne-t-elle le *mi*, c'est-à-dire la dix-septième? M. Ritter a déjà, dans le paragraphe 15 de son travail, indiqué les difficultés qui entourent la détermination de cette note que l'on ne

réussit à distinguer que rarement. L'intervalle entre le *mi* des quintes pures et la note donnée par la résonnance de la cinquième partie de la corde n'est que $\frac{81}{80}$, c'est-à-dire moins d'un comma (§ 10), différence d'autant plus difficile à apprécier dans le cas qui nous occupe, que la note est très-faible comparée au son fondamental et même au son de la dominante dans lesquels elle se noie.

Il faut remarquer aussi que, si l'on se sert du piano, la difficulté de la détermination de cette note est encore accrue.

En effet le *mi* du piano est lui-même trop bas par suite du tempérament, en sorte que l'intervalle entre la note produite par la résonnance de la cinquième partie de la corde et le *mi* du piano est moindre encore que $\frac{81}{80}$. Les pianistes se contentent, comme on le sait, d'une seule note comprise entre le *fa*♭ et le *mi* justes pour exprimer ces deux notes. Or, la note produite par la résonnance de la cinquième partie de la corde se trouve être entre le *fa*♭ et le *mi* justes et se confond donc facilement avec l'une ou l'autre de ces notes.

Voici les valeurs exactes de ces notes, l'*ut* étant 1 :

FA♭ juste (méthode des quintes pures)	1,2486.
$^4/_5$ partie de la corde d'*ut*.	1,2500.
MI du piano	1,2600.
MI juste (méthode des quintes pures). .	1,2656.

Ces chiffres mettent en évidence la possibilité d'une erreur dans la détermination de ce prétendu son harmonique.

19. Les théoriciens se sont peut-être trop souvent contentés d'étudier les données pratiques de la musique sur le piano, instrument dont il est facile de toucher les notes

et qui se rencontre partout sous la main. S'ils eussent laissé de côté les instruments à sons fixes et à tempéraments, et s'ils eussent eu recours au violon, par exemple, et à l'oreille d'un artiste, ils se seraient probablement moins écartés de la vérité musicale. Le violon, l'alto, le violoncelle s'accordent par quintes pures. Dans le violon, les cordes à vide donnent successivement, en montant de la plus grosse à la chanterelle, les notes *sol, ré, la, mi*. On accorde la troisième corde exactement sur le diapason, puis les trois autres par quintes justes. La chanterelle qui doit donner le *mi* se trouve ainsi à la quinte exacte du *la*, le *la* est à la quinte du *ré* et le *ré* à la quinte du *sol*. C'est la méthode des quintes pures mise en pratique. Le violon, que les musiciens placent tous bien au-dessus du piano pour l'exactitude et la pureté des notes, et que l'on a nommé souvent le roi des instruments, fournit une démonstration pratique de la justesse de la méthode des quintes pures.

Nous avons le chagrin d'annoncer la mort de M. Ritter, survenue pendant l'impression de ce mémoire où son nom est si souvent cité. Ce savant distingué a succombé le 27 mars à une douloureuse maladie, entouré de sa famille et regretté de tous ceux qui l'ont connu. Chargé dans l'instruction publique d'importantes fonctions, qu'il remplissait avec un zèle consciencieux, il trouvait encore le moyen de consacrer à la science le peu de loisir que lui laissaient ses nombreuses occupations. Parmi les principaux travaux qu'il a publiés, nous rappellerons ceux sur la *Mesure des hauteurs par le baromètre*, sa *Méthode pour déterminer les éléments de l'orbite des astres qui circulent autour du Soleil*, ses *Recherches sur la figure de la Terre*, son *Traité d'arithmétique* et son *Manuel sur la méthode des moindres carrés*.

(*Réd.*)

UNE

DATE DE CHRONOLOGIE ABSOLUE

EN GÉOLOGIE

PAR

M. A. MORLOT.

Communiqué à la Société vaudoise des sciences naturelles à Lausanne à sa réunion du 15 janvier 1862.

Dans le numéro 46 du Bulletin pour 1860, de la Société mentionnée, se trouvent exposées des observations sur le cône de déjection torrentielle de la Tinière, fournissant des dates approximatives pour un moment donné de l'âge du bronze, pour un moment donné de l'âge de la pierre et pour le temps que le cône entier a mis à se former, soit pour la durée de l'époque géologique moderne. Ces observations, depuis lors complétées par l'auteur, lui ont fourni : pour le moment donné, correspondant selon toute apparence à la fin de l'âge du bronze, une antiquité de 29 siècles au moins à 42 siècles au plus, la date réelle étant vraisemblablement de 38 siècles environ, — pour le moment donné de l'âge de la pierre une antiquité de 47 siècles au moins à 70 siècles au plus, la date réelle étant vraisemblablement de 64 siècles environ, — et pour l'âge du cône moderne entier de 74 siècles au moins à 110 siècles au plus, la date réelle étant vrai-

semblablement d'environ 100 siècles; les calculs ayant été établis de telle manière que les dates obtenues sont toutes plutôt inférieures que supérieures à la réalité. L'auteur avait expressément reconnu qu'un fait unique et isolé ne saurait entraîner l'assentiment public. On exige, avec droit, le contrôle par la comparaison avec d'autres faits du même genre. Or, à la réunion de la Société helvétique des sciences naturelles à Lausanne, en août 1861, M. V. Gilliéron, instituteur à la Neuveville, communiqua le résultat de ses études géologico-archéologiques sur la région marécageuse située entre le lac de Bienne et celui de Neuchâtel et son calcul chronologique, qui attribue une antiquité de $67^1/_2$ siècles à l'établissement lacustre découvert près du Pont-de-Thièle, lequel établissement, d'après le caractère de ses ossements et de ses objets de l'art primitif, paraît être des plus anciens de ce genre en Suisse[1]. Au mois de septembre passé, l'auteur de la présente notice a visité les lieux avec M. Gilliéron, a discuté la question avec lui et s'accorde avec lui à reconnaître que le calcul, sans être rigoureux, est cependant probablement exact, dans des limites d'approximation raisonnables. La concordance du résultat de M. Gilliéron avec celui que le cône de la Tinière a fourni pour la date d'un moment donné de l'âge de la pierre est remarquable; il en résulte nécessairement que ces calculs sur le cône de la Tinière méritent maintenant plus de confiance.

A la Tinière nous avons, en arrière et en amont du cône moderne bien développé, un cône diluvien tout semblable, à 1° près de la même inclinaison, mais beaucoup

[1] Le mémoire de M. Gilliéron va paraître dans les *Actes de la Société jurassienne d'émulation*, année 1860.

plus grand. Nos cônes sont, en vertu de leur mode de formation, des solides semblables, et leurs volumes sont donc comme les cubes de leurs rayons. Le cône diluvien aurait ainsi un volume 8 fois plus grand que le cône moderne. Mais nous n'avons que des secteurs de cônes, dont les volumes sont, en outre, proportionnels aux angles d'ouverture. Le secteur constituant le cône moderne mesure environ 100° d'ouverture et le secteur diluvien environ 150°. Notre cône diluvien équivaudrait donc environ à 12 fois le volume du cône moderne. Mais nous ne prendrons que la moyenne entre 8 et 12, savoir 10, parce que le secteur diluvien pourrait bien, proportionnellement au secteur moderne, s'ouvrir davantage à la surface que dans la profondeur, et afin de rester plutôt en dessous de la réalité. Maintenant, supposant le temps de formation de nos cônes proportionnel à leur volume, ce qui paraît résulter de l'ensemble des circonstances, il s'en suit que l'époque diluvienne, à laquelle le cône diluvien en question correspond, aurait eu une durée d'environ 1000 siècles au moins.

Sur le pourtour du bassin du Léman, nous avons un triple système de cônes diluviens, dont les bords inférieurs, tournés vers le lac, constituent une triple série de gradins ou de terrasses, à des niveaux réguliers d'environ 50, 100 et 150 pieds au-dessus du niveau actuel du lac, et marquant les trois niveaux que le lac a successivement occupés pendant l'époque diluvienne. Lorsque les circonstances ont été favorables à leur conservation nous voyons les trois cônes situés en retrait, l'un derrière et au-dessus de l'autre, à l'embouchure du même cours d'eau qui les a successivement formés, lorsque le lac était à 150, puis à 100, puis à 50 pieds environ au-

dessus de son niveau actuel. Cela se voit, par exemple, à l'embouchure de la Dranse près de Thonon, où l'on remarque même les traces d'un cône intermédiaire entre celui de 50 pieds et les alluvions modernes. Mais nous négligerons ces indices de niveaux intermédiaires, pour ne nous attacher qu'aux trois principaux. Lorsque les circonstances n'étaient pas aussi favorables à leur conservation, l'un ou l'autre, ou deux, ou tous les trois cônes diluviens ont disparu. A l'embouchure de la Tinière il n'y a, outre le cône moderne, que le cône de 50 pieds de bien dessiné, s'étant fondu avec celui de 100 pieds pour constituer le grand cône que nous avons évalué à plus de 10 fois le volume du cône moderne. Ce grand cône pourrait aussi comprendre celui de 150 pieds, dont l'existence ne se trahit plus que par un petit lambeau sur la limite méridionale des déjections. Si le cône de 150 pieds ne peut pas être considéré comme compris dans notre grand cône, la date trouvée ne comprend pas la durée de la première phase de l'époque diluvienne, phase pendant laquelle le cône de 150 pieds s'est formé et qui paraît, d'après les observations faites ailleurs, avoir été au moins aussi longue que l'époque moderne. Le cône de 50 pieds s'est formé en partie aux dépens de celui de 100 pieds, c'est-à-dire par le remaniement d'une partie de la masse de celui de 100 pieds, et celui de 100 pieds s'est de même en partie formé aux dépens de celui de 150 pieds. Cette circonstance peut avoir influé sur la durée de formation des cônes, mais dans l'état actuel de nos connaissances il n'est pas possible d'évaluer une telle influence. D'ailleurs, le cône moderne qui nous a servi de terme de comparaison, ayant été formé de la même manière, en partie aux frais du cône de 50 pieds,

il semble que notre calcul ne saurait être sensiblement affecté par la circonstance en question. Il se pourrait aussi que le voisinage du delta du Rhône eût influé sur la durée de formation des cônes. Mais cette influence, si elle a été sensible, a nécessairement dû avoir pour résultat d'accélérer l'accroissement des cônes, ce qui augmenterait les dates trouvées, au lieu de les diminuer. On pourrait encore discuter quelques autres points, mais dans l'état actuel de la question, celle-ci n'y gagnerait guères.

Rappelons ici ce qui a été développé dans le Bulletin de la Société déjà mentionnée de juin 1859, page 101 à 108, savoir que les cônes diluviens en question sont postérieurs au dernier envahissement de la contrée par les glaciers, car ils sont en bonne partie formés de matériaux erratiques remaniés, et l'on ne trouve à leur surface aucun vestige d'erratique, tandis qu'on les voit souvent distinctement superposés à des dépôts glaciaires. Ce sont des couches appartenant à ces cônes qui ont fourni près de Morges des restes de l'*elephas primigenius* et qu'il faut bien distinguer de certains graviers diluviens tout différents et beaucoup plus anciens, puisqu'ils gisent sous de puissants dépôts morainiques, comme au bois de la Bâtie à Genève, dans la gorge de la Dranse près de Thonon et à l'embouchure de la Kander au lac de Thoune. Dans cette dernière localité ce diluvium inférieur, en couches régulières et conglomérées, a même été poli et strié par l'ancien grand glacier de l'Aar.

Dans la gorge de la Dranse, on trouve, sous ce diluvium inférieur très-puissant, un dépôt d'une première époque glaciaire, car il y a eu successivement une première époque glaciaire, puis une première époque dilu-

vienne, sans grands glaciers, puis une seconde époque glaciaire très-longue, puis une seconde époque diluvienne, sans grands glaciers (celle des cônes diluviens de la Tinière et de beaucoup d'autres localités), puis l'époque moderne, ainsi que l'auteur l'a développé dans le Bulletin mentionné de juin 1859.

De tout ce qui précède, il résulte : une durée d'environ 1000 siècles au moins, pour la dernière époque géologique qui a commencé immédiatement après la disparition définitive des grands glaciers, qui a été caractérisée par la présence de l'*elephas primigenius* et, à ce qu'il paraît, par l'apparition de l'homme, et qui a fini avec le commencement de l'époque moderne, laquelle aurait ellemême duré déjà environ 100 siècles.

Espérons que cette première évaluation sera bientôt contrôlée et, sans doute aussi, plus ou moins modifiée par d'autres observations. On pourra, par exemple, au moyen de relevés topographiques suffisamment détaillés, comparer sur divers points du pourtour du Léman le volume du cône moderne d'un torrent à celui de ses cônes diluviens, ce qui fournira un moyen précieux de vérification.

Dans tous les cas, il doit être bien entendu que l'auteur n'expose le présent calcul que comme une première imparfaite et hasardeuse tentative, sans valeur absolue en elle-même, tant qu'elle n'aura pas été vérifiée au moyen d'autres essais du même genre. Mais il faut bien que quelqu'un commence. C'est du moins l'opinion de Sir Charles Lyell, qui écrivait à l'auteur, à propos de ses calculs sur le cône moderne de la Tinière : *Some one must have the chivalry to begin.*

L'ÉPOQUE GLACIAIRE EN SCANDINAVIE

PAR

M. LE Dr ED. CLAPARÈDE.

L'étude que nous présentons aux lecteurs des *Archives* est un simple résumé de divers mémoires publiés récemment en Norwége et en Suède. Ces travaux écrits dans des langues généralement peu connues n'ont pas encore trouvé partout l'accueil qu'ils méritent. Les noms de leurs auteurs sont cependant propres à attirer la confiance du monde savant tout entier. Ces noms sont, en effet, ceux de MM. Théodore Kjerulf, Sars et Lovén[1].

[1] Les principaux de ces mémoires sont :

Jagttagelser over den postpliocene eller glaciale Formation i en Del af det sydlige Norge. Universitetsprogram for første Halvaar 1860, in-4°. Christiania, 1860. — Cette publication renferme trois mémoires.

1° Om Frictionsphenomenet af *Th. Kjerulf.*

2° Om Glacialformationen i den sydlige Del af Christianiastift af *Kjerulf.*

3° Om de i vor postpliocene Formation forekommende Mollusker, af *M. Sars.*

Beretning om en i Sommeren 1860 foretagen Reise i en Deel af Christianias Stift for at undersøge de i den saakaldte Glacialformation forekommende organiske Levninger af *M. Sars* (Nyt Mag. for Naturvidenskaberne, XI, 3).

Om Undersøgelser af de i vor Glacialformation indsluttede organiske Levninger af *Prof. Sars* (Videnskabsselskabets Forhandlinger i Christiania, 1860.)

Om några i Vettern och Venern funna Crustaceer af S. Lovén (Oefversigt af Kongl. Vet. Academiens Førh. 1861, n° 6.)

En examinant ces mémoires nous avons tout d'abord été frappé de la révolution scientifique dont ils sont les témoins, inconscients peut-être, mais dans tous les cas irrécusables. Les parois rocheuses de la Scandinavie sont burinées de nombreuses stries, semblables à celles que les géologues suisses rapportent dans les Alpes d'un commun accord à l'action d'anciens glaciers. Mais tandis que, depuis les célèbres recherches de Venetz, de Charpentier et de M. Agassiz, la théorie glaciaire trouvait créance et s'établissait d'une manière définitive dans notre patrie, elle était moins heureuse au delà de la Baltique. Peu d'années se sont écoulées depuis le moment où, durant un voyage en Norwége, l'auteur de ce résumé entendit prononcer plus d'une parole ironique à l'endroit des géologues suisses. On les accusait de vouloir mouler le monde entier dans la forme de leurs vallées. Les Scandinaves ne juraient que par M. Selfstrœm et sa théorie. Celle-ci, forte de l'appui de Léopold de Buch, attribue les stries des rochers à l'action d'un courant chargé de pierres roulantes (*Rulstensflommen*). Pourquoi d'ailleurs s'étonner de la faveur avec laquelle elle fut accueillie? Quoi de plus populaire que l'idée de courant? Tous les courants sont populaires, comme le remarque M. Kjerulf. Je ne sais si la théorie de M. Lyell qui explique la formation des stries par la friction d'énormes blocs de glace flottant dans la mer postpliocène, a jamais trouvé beaucoup d'adhérents dans le reste de l'Europe. Toujours est-il qu'en Scandinavie elle ne paraît pas avoir été beaucoup plus heureuse que sa sœur ou sa rivale d'Helvétie. Les hommes du nord érigeaient en article de foi ce courant hypothétique qui devait avoir charrié les cailloux diluviens et les blocs erratiques. Aujourd'hui

tout est changé. La théorie glaciaire triomphe sur toute la ligne. Aucun des mémoires que nous avons sous les yeux ne paraît supposer qu'on puisse la mettre en question.

A quoi tient ce revirement? A des causes diverses. D'abord à une étude plus approfondie des dépôts postpliocènes. Et, à ce point de vue, les géologues qui, comme MM. Keilhau, Scheerer, Hœrbye, Rœrdam, ont fait cause commune avec M. Selfstrœm, ont, par l'exactitude de leurs travaux, accumulé les matériaux à l'aide desquels on devait saper par sa base la théorie que ce dernier imagina en 1836. Puis l'absurdité même de la *théorie du courant pétridiluvien* (den petridilauniske Flod) comme on l'appelle dans le nord, était un germe de dissolution. D'où vint l'eau nécessaire pour produire ce courant si intense que M. Selfstrœm en prétendait suivre les traces depuis sa patrie à travers l'Allemagne et l'Italie jusqu'à l'extrémité méridionale de l'Afrique? Les stries semblent indiquer que le prétendu courant partant des sommités les plus élevées descendait dans les vallées suivant toutes les directions. Si donc la Scandinavie était à l'époque postpliocène élevée au-dessus de l'Océan, une masse d'eau énorme aurait dû surgir avec violence des crêtes des monts. Cette idée ne supporte pas l'examen. D'un autre côté si la péninsule se fût élevée graduellement ou subitement du sein des mers à cette époque, l'eau ruisselant sur la pente des montagnes n'aurait pas eu le temps de produire des effets aussi intenses que ceux qu'on peut constater encore aujourd'hui. D'ailleurs l'eau seule polit sans faire de stries; aussi le courant, pour expliquer le burinage des rochers, devait-il être pétridiluvien dans toute l'étendue du terme. Nouvelle difficulté

qui ne peut être surmontée que par des hypothèses plus absurdes encore que les précédentes.

La théorie pétridiluvienne de Selfstrœm abandonnée, il en fallait une autre. Celle de M. Lyell se présentait tout naturellement. Elle n'offrait rien d'absurde en elle-même. Elle nous représente la Scandinavie submergée sous une mer polaire. Seules ses plus hautes montagnes élèvent encore au-dessus des eaux leurs cimes couvertes de glaciers. D'énormes masses de glace flottante se heurtent contre la côte et les bas-fonds, burinant dans le rocher des stries indélébiles, et transportent au loin les blocs erratiques. Cette image sourit à l'imagination. Mais les faits s'accordent-ils tous avec elle ? Nullement et un seul en particulier suffit à renverser la théorie de M. Lyell. Les stries se présentent en Scandinavie jusqu'à une hauteur de 4000 pieds, et M. Lyell admet en conséquence que tout le pays placé au-dessous de ce niveau était recouvert par la mer glaciale postpliocène. Néanmoins on ne trouve aucun dépôt marin au-dessus de 600 pieds. Dans aucun dépôt intermédiaire (entre 600 et 4000 pieds au-dessus du niveau de la mer) on n'a trouvé de fossiles marins. Or il n'est pas possible d'admettre que pendant la formation de ces dépôts la mer fût dépourvue de population organisée. La mer glaciale actuelle est extrêmement riche, sinon en espèces, du moins en individus.

Ce n'est donc pas la mer qui a formé les dépôts postpliocènes de Scandinavie supérieurs à une élévation de 600 pieds. La formation de ces dépôts ne pouvant s'expliquer ni par un courant pétridiluvien, ni par l'action d'une mer glaciale, il fallait songer à une troisième théorie. Force fut bien de revenir à la théorie glaciaire jadis si décriée. D'ailleurs la position était bien changée. Dans

l'origine la grande extension des glaciers à l'époque post-pliocène, et l'action énergique de ces masses congelées pour buriner les rochers n'avaient rencontré que de l'incrédulité dans le Nord. Mais cette incrédulité tenait surtout au défaut d'expérience. On n'avait jamais vu agir les glaciers que sur une petite échelle, et il paraissait téméraire d'étendre à un pareil degré leur sphère d'action. Aujourd'hui ces scrupules n'existent plus. Grâce aux belles recherches d'un observateur accompli, M. Rink, savant danois, qui a séjourné pendant plusieurs années au Groenland, nous savons qu'il existe encore maintenant un pays recouvert de glace aussi grand que la Scandinavie. Cet immense champ de glace glisse lentement et continuellement dans la mer sur la côte occidentale de Groenland. Chaque année d'énormes fragments s'en détachent pour être portés au loin par les courants marins. La découverte de cet immense glacier de 1,000 pieds d'épaisseur, fournissait l'analogie demandée. Elle a décidé le triomphe de la théorie glaciaire.

Aujourd'hui que la théorie glaciaire a pris pied même en Scandinavie, les géologues du Nord ne sont pas embarrassés de trouver des preuves convaincantes à l'appui de l'ancienne extension des glaciers. M. Kjerulf, en particulier, dans une étude géologique très-soignée de la province de Christiania, attire l'attention sur de nombreux bancs de sable, mélangés de gravier et de cailloux, dans lesquels il est impossible de méconnaître d'anciennes moraines. Telle est la moraine latérale de Nitelven, au nord du lac Oeiern dans le Romeriget, formée de débris empruntés aux couches siluriennes des bords du lac Mjösen. Telles sont encore les longues digues de cailloux et de graviers auxquelles on donne en norwégien

le nom de *Ra* et qu'on voit s'étendre le long du Christianiafjord, depuis Moss jusqu'à Frederikshald et au delà sur la côte orientale, et d'Horten jusqu'à Laurvig, sur la côte occidentale. Ce sont des moraines frontales de la côte d'une grandeur colossale. Les digues ou bancs analogues qui portent en Suède le nom d'âsar (pron. Osar) ont une origine toute semblable. Depuis longtemps on avait instinctivement senti qu'il devait exister une certaine relation entre ces longs remparts de cailloux et le phénomène du burinage des stries. Les âsar affectent généralement dans le midi de la Suède une direction parallèle à celle des stries, aussi voulait-on voir en eux des traces de l'énergie du courant qui devait avoir transporté les blocs erratiques. Aujourd'hui il faut bien encore rapporter le burinage des stries et la formation des âsar à une seule et même cause ; mais cette cause est le mouvement d'un glacier. En effet, M. Kjerulf a montré que la direction des *Ra'er*, c'est-à-dire des âsar de Norwége, peut faire un angle droit avec celle des stries, ce qui est incompatible avec les courants pétrodiluviens. Au contraire cette direction s'explique fort bien lorsqu'on reconnaît dans ces bancs de cailloux d'anciennes moraines frontales.

Ces faits une fois posés, esquissons rapidement l'histoire de la Scandinavie à l'époque postpliocène.

Le commencement de cette époque fut signalé par un abaissement de température dont on a reconnu les traces sur les points les plus divers des deux hémisphères. La Scandinavie et la Finlande se couvrirent d'une épaisse calotte de glace au-dessus de laquelle surgissaient seules les cimes les plus élevées des monts, comme des arêtes rocheuses tranchantes. Cette masse glacée glissant lente-

ment sur le flanc des montagnes polissait les surfaces les plus dures, arrondissait les angles saillants, gravait dans le roc les stries, vrais hiéroglyphes géologiques que la science devait déchiffrer quelques milliers d'années plus tard. Ces stries ont été observées par M. Nordenskiöld, près de Helsingfors, jusqu'à 32 pieds au-dessous du niveau de la mer. Ce fait et d'autres analogues nous enseignent que la Scandinavie était à cette époque reculée plus élevée au-dessus du niveau de la mer et partant plus étendue qu'aujourd'hui. La Baltique était sans doute en grande partie convertie en terre ferme, mais glacée comme le reste du pays. Lorsqu'on poursuit sur une carte géologique la direction des stries burinées dans le granit et le gneiss, on reconnaît que, partant du centre montagneux, elles rayonnent de tous les côtés vers la mer, non-seulement vers la mer du Nord, mais aussi vers la mer glaciale, vers la mer Blanche, vers le lac Onéga, le lac Ladoga et le golfe de Finlande. Chose remarquable, sur le rivage oriental du golfe de Bottnie, ces stries ne sont point disposées de manière à faire reconnaître dans les montagnes de la Finlande le centre des glaciers auxquelles elles doivent leur origine. Elles viennent, au contraire, du nord-ouest, c'est-à-dire des montagnes de la Scandinavie. Le golfe paraît donc avoir été occupé en entier par le glacier.

Le glacier est un puissant agent de destruction, et sans doute une épaisse couche de terrain fut entraînée par lui sous forme de sable et de gravier. La Suède, la Norwége, la Finlande, montrent presque partout le gneiss et le granit à découvert. Les terrains paléozoïques les plus anciens sont seuls à recouvrir çà et là ces formations primitives. Aussi admet-on généralement que la péninsule

scandinave fut soulevée au-dessus des eaux dès le milieu de l'époque paléozoïque et ne fut jamais depuis lors recouverte par la mer. Cette opinion est-elle bien fondée? Des dépôts secondaires et tertiaires ne peuvent-ils pas avoir existé pour être plus tard annihilés ou du moins réduits en terre meuble par les efforts triturants du glacier? C'est une question qu'il est difficile de trancher aujourd'hui. Toujours est-il qu'on trouve encore maintenant dans la terre meuble du Bohuslän de nombreux fragments de silex qui semblent indiquer l'existence antique dans cette contrée d'un dépôt de craie qui aurait été anéanti par la dénudation glaciaire.

Il n'est pas possible d'évaluer, même approximativement, la durée de cet état de choses. Nous savons seulement qu'à une époque un peu plus récente, l'aspect du pays était bien changé. Nous trouvons alors les glaciers fort diminués d'étendue. Cette diminution n'eut pas sa cause dans un changement de climat, mais dans un affaissement du sol. La Scandinavie, d'abord plus élevée que de nos jours, s'enfonça, sans doute graduellement, jusqu'à 500 pieds environ au-dessous du niveau actuel. Or les glaciers se détruisant par fusion dès qu'ils atteignent les flots de l'Océan, il est clair que l'étendue de la calotte de glace se trouva grandement diminuée. De grandes étendues de terrain furent soustraites à l'action triturante des glaciers, et cette circonstance sauva probablement certains dépôts siluriens d'une destruction imminente et les conserva jusqu'à nous. Cet affaissement du sol nous est prouvé d'une manière incontestable par la conservation, à une hauteur moyenne d'environ 500 pieds, d'une ancienne ligne de rivages dont nous allons reparler tout à l'heure.

Les glaciers du Nord, bien que diminués d'étendue, continuaient leur travail de destruction et formaient leurs moraines. D'énormes bancs de glace se détachaient de leur région inférieure et s'en allaient au loin flottant dans la mer, jusqu'en Hollande, en Prusse, en Silésie, en Pologne, tous pays également enfoncés sous les eaux à cette époque. Ils y transportaient les cailloux et les blocs erratiques, dont l'origine scandinave n'est aujourd'hui contestée par personne.

La ligne d'anciens rivages de cette mer glaciale postpliocène est une ligne sinueuse qui nous montre les flots de la mer pénétrant par des fjords étroits et profonds dans l'intérieur de la Norwége méridionale. La vallée du lac Mjösen était le plus considérable d'entre eux. Quant au Bohuslän, il était submergé et représenté seulement par quelques îles. Le lac Venern faisait partie d'un golfe à bras découpés occupant tout le Vestergötland et limité à l'est par un champ d'écueils (Skärgârd). De l'autre côté de ces écueils nous trouvons, venant de l'Œstergötland, un golfe de la mer orientale (Baltique). Les deux mers étaient ainsi faiblement séparées à cet endroit. Plus au sud, les hauteurs du Smâland (pr. Smôland) les séparaient plus complétement et cette barrière se continuait vraisemblablement sans interruption par le pays de Skâne (pr. Skône) et les îles du Danemark jusqu'au continent.

Pendant que se formaient les dépôts littoraux de cailloux qu'on retrouve aujourd'hui à une hauteur variant de 4 à 600 pieds (et que nous appelons pour plus de brièveté le rivage de 500 pieds), il se déposait une argile au fond de la mer. Les soulèvements postérieurs ont mis à sec cette argile. Nous l'appellerons argile postpliocène inférieure pour la distinguer d'une argile plus récente

qui la recouvre et qui se déposa à une époque où la Scandinavie s'était soulevée de nouveau au point de permettre la formation d'un autre rivage dont on trouve aujourd'hui les restes à une hauteur de 150 pieds environ. Nous avons donc à distinguer une argile inférieure, contemporaine du rivage supérieur ou rivage de 500 pieds et une argile supérieure plus récente contemporaine du rivage inférieur ou rivage de 150 pieds.

Occupons-nous d'abord du rivage de 500 pieds en Norwége et sur la côte occidentale de Suède. Les dépôts qui le forment sont généralement des sables mélangés de cailloux et d'un grand nombre de coquilles. Celles-ci sont ordinairement brisées, comme presque tous les débris qu'on trouve sur les plages. Il est facile de se convaincre qu'elles ont vécu sur place, car elles sont recouvertes des mêmes Balanes dont les restes adhèrent encore aux rochers voisins. L'examen des espèces montre, d'ailleurs, qu'elles appartiennent toutes à la zone littorale ou à la zone des laminaires, mais pas une seule n'appartient à la profondeur. En un mot, ces bancs fossilifères présentent un aspect tout semblable à celui des dépôts littoraux actuellement en voie de formation, puisque ceux-ci sont généralement formés de sable ou de petits cailloux mêlés de coquilles brisées, qui toutes appartiennent à la zone littorale ou à la zone des laminaires d'où elles ont été arrachées par le mouvement des vagues. Toutes les coquilles de cet ancien rivage appartiennent à des espèces encore aujourd'hui vivantes. Toutefois, c'est en vain qu'on chercherait leurs semblables sur la côte actuelle de la mer voisine. En effet, un simple coup d'œil jeté sur la liste des mollusques trouvés par M. Sars et M. Lovén enseigne qu'ils appartiennent à des espèces aujourd'hui

confinées dans les régions arctiques de l'ancien et du nouveau monde. Nous remarquons, par exemple, dans cette liste, le *Buccinum grœnlandicum* Chemn., qu'on ne trouve pas aujourd'hui au sud du Finmark et dont M. Sars a recueilli en peu de temps, dans une seule excursion, 60 exemplaires dans l'ancien rivage de Skullerud et 112 dans celui de la vallée de Sandböl. Nous y trouvons la *Natica clausa* Sow., mollusque aujourd'hui essentiellement circompolaire, sujet à dégénérer dès qu'il s'éloigne des régions arctiques. Il atteint en effet actuellement une longueur de 26 millim. sur les côtes du Grœnland, mais sa taille ne dépasse déjà plus 20 millim. sur celles du Finmark, et enfin à Bergen, sa limite méridionale, il n'atteint plus qu'une longueur de 4 à 5 mill. Dans le dépôt littoral postpliocène de Skullerud, bien au sud par conséquent de la limite méridionale de son aire géographique actuelle, cette Natica est fort abondante et atteint une longueur de 30 millim. Cette grandeur semble donc indiquer une température fort basse pour la côte scandinave à l'époque postpliocène. Cette opinion est d'ailleurs corroborée par la taille des individus fossiles du *Buccinum grœnlandicum* fort supérieure à celle des individus vivants. Nous trouvons encore dans les anciens dépôts littoraux du sud de la Norwége le *Trophon* (Murex) *clathratus* Lin. *var. major* Lovén, que les zoologistes américains (Gould, Stimpson) considèrent comme une espèce particulière à laquelle ils donnent le nom de *Tr.* (Fusus) *scalariformis.* Ce gastéropode est aujourd'hui décidément arctique. Il prospère sur les côtes du Spitzberg, du Grœnland et sur la côte orientale de l'Amérique du Nord. Sur les côtes du Finmark, sa limite méridionale en Scandinavie, il n'a plus que 12 à 15 mill. de long,

au lieu de 32 qu'il atteint au Spitzberg. Les individus de l'ancien rivage atteignaient une longueur de 40 millim. Nous pourrions citer une foule d'autres mollusques donnant à la faune de l'ancien rivage un caractère éminemment arctique, ainsi la *Mya truncata* Linn., la *Saxicava pholadis* Linn., la *S. (Mya) arctica* Linn., le *Pecten islandicus* Müll., la *Lucina borealis* Linn., l'*Astarte arctica* Gray, etc., etc.

Quittant maintenant les dépôts littoraux de 500 pieds, tournons-nous vers l'argile inférieure que nous avons dit être sa contemporaine et qui est aujourd'hui soulevée à une hauteur de 20, 30, 40, 80 ou 100 pieds au-dessus du niveau de la mer. Les fossiles qu'elle renferme dénotent immédiatement une formation essentiellement pélagique. Ils appartiennent, en effet, tous à des espèces habitant aujourd'hui à une grande profondeur, ainsi le *Dentalium abyssorum* Sars, la *Yoldia* (Nucula) *pygmœa* Münst., la *Yoldia lucida* Lovén, l'*Isocardia* (Chama) *cor* Linn., etc., etc. En outre, la plupart de ces espèces ont un caractère décidément arctique, ainsi l'*Arca glacialis* Gray, qui vit aujourd'hui près du Finmark, du Spitzberg et de l'île Melville, la *Yoldia intermedia*, découverte par M. Sars à une profondeur de cent brasses non loin du Finmark, le *Siphonodentalium vitreum*, mollusque singulier d'un genre nouveau, que M. Sars a également découvert dans la même mer à une profondeur de 40 à 50 brasses. Les échinodermes fossiles de l'argile inférieure trahissent d'ailleurs un caractère aussi évidemment arctique que les mollusques.

La géologie et la paléontologie sont donc ici admirablement d'accord. La première nous enseigne qu'à l'époque postpliocène le sol de la Scandinavie était recouvert

d'un immense glacier ; la seconde nous montre les côtes de ce pays baignées du côté occidental par une mer glaciale peuplée d'animaux que nous ne retrouvons plus aujourd'hui qu'au delà du cercle polaire, au Spitzberg, au Grœnland, à l'île Melville.

La mer qui baignait la côte orientale de la Scandinavie à l'époque postpliocène était naturellement aussi une mer glaciale. Mais la faune fossile qui nous a été conservée est beaucoup moins riche du côté oriental que du côté occidental de la péninsule. Elle n'en porte pas moins un caractère tout aussi éminemment arctique. Cette mer orientale était bien autrement étendue que la Baltique actuelle. En effet, l'affaissement du sol, dont les traces nous ont été conservées par le rivage de 500 pieds, paraît s'être étendu au loin. La mer recouvrit une grande partie de l'Allemagne et de la Russie, sans doute aussi de la Sibérie. On retrouve aujourd'hui des dépôts à caractère essentiellement arctique sur la presqu'île de Kanin, dans le pays de Taimyr, à une hauteur de 60 pieds au-dessus du niveau de la mer ; près de la Petschora, à une hauteur de 80 pieds ; près du confluent de la Dwina et de la Waga à 150 pieds, dans la Laponie russe à 30 pieds, etc. Cette mer glaciale d'Orient s'étendait très-loin vers le sud, peut-être jusqu'à l'Adriatique. De là, sans doute, la présence d'animaux du nord dans les dépôts postpliocènes de Sicile, présence bien constatée par MM. Philippi, Milne Edwards et Sars. En revanche, cette mer n'avait pas de communication avec le bassin de la Caspienne, dont la faune n'a rien de commun avec le nord.

Nul ne peut dire combien de temps dura pour la Scandinavie l'époque que nous venons d'esquisser. Nous sa-

vons seulement qu'il vint un moment où surgirent des circonstances nouvelles qui modifièrent les deux mers et leurs habitants. Une période de soulèvement succéda à celle d'affaissement. Graduellement, le pays s'éleva jusqu'à sa hauteur actuelle. Ce soulèvement ne fut, sans doute, pas toujours uniforme. Il eut peut-être lieu par saccades. Il y a eu dans tous les cas des temps d'arrêt, dont l'un, en particulier, nous a laissé en commémoration les dépôts littoraux, auxquels nous avons donné le nom de rivage de 150 pieds et l'argile correspondante. Ces dépôts n'ont plus le caractère arctique des précédents. Les espèces, dont nous avons parlé plus haut, ont presque toutes disparu. Elles ont émigré vers le pôle et ont été remplacées par des espèces de provenance germanique ou celtique, ou même par des espèces venues de la Méditerranée.

Tel est du moins l'effet que produisit sur la côte occidentale de la Scandinavie l'élévation de température qui accompagna le soulèvement du pays. Sur la côte orientale, les choses se passèrent un peu différemment. Là, le soulèvement eut pour effet de séparer la mer Baltique de la mer glaciale. La dernière communication entre ces deux mers eut lieu par la contrée basse qu'occupent les lacs Onéga et Ladoga. Les traces du soulèvement qui y mit fin se retrouvent dans les masses éruptives et les nombreuses dislocations, qui déchirent le sol granitique et métamorphique entre le golfe de Finland et la mer Blanche. A mesure que le pays se soulevait, le fond de la mer était mis à sec, les parties les plus profondes restant sous la forme de lacs ; ainsi le lac Onéga, le lac Ladoga, le lac Saima et tant d'autres. Salés dans le principe, ces lacs ont été graduellement dessalés par les

courants d'eau. La Baltique elle-même est le plus grand de ces lacs, aujourd'hui en communication avec la mer occidentale (mer du Nord) par suite de la formation du Sund et des Belts. C'est le seul de ces lacs qui ne soit pas encore complétement dessalé.

Qu'advint-il de la faune marine de ces lacs ? Dans les bassins de faible étendue, qui se dessalèrent rapidement, elle périt tout entière. Dans les réservoirs plus vastes, plus profonds et dépourvus de grands tributaires, les changements eurent lieu plus lentement. S'y trouvait-il des échinodermes, des acalèphes, des tuniciers, des crustacés supérieurs ; ils durent bientôt disparaître. Les annélides, les crustacés inférieurs, les mollusques résistèrent peut-être plus longtemps, mais la plupart s'éteignirent aussi les uns après les autres. Quelques-uns seulement, tout particulièrement favorisés par la nature, se montrèrent capables de supporter une très-forte proportion d'eau douce, et c'est ainsi que nous voyons aujourd'hui une population marine pauvre, il est vrai, coexister dans la Baltique, à moitié dessalée avec une faune d'eau douce, pauvre également. Vingt-deux poissons d'eau douce, le *Limnæus balticus*, le *L. ovatus*, la *Physa fontinalis*, la *Bythinia tentaculata* (mais point de Paludines, point d'Unios, d'Anodontes ou de Cyclas) y vivent en compagnie de vingt espèces de poissons de mer, du *Cardium edule*, du *Mytilus edulis*, de la *Tellina baltica*, de la *Mya arenaria*, de plusieurs espèces de *Néréïdes*, de *Polynoés*, de *Crangons*, de *Palæmons* et d'un petit nombre d'autres organismes marins.

La Baltique, étant en voie de se dessaler toujours davantage, on peut se demander ce qu'il adviendra un jour des restes de sa faune marine. L'étude de la faune

des grands lacs dont l'eau est aujourd'hui entièrement douce, mais qui ont dû se dessaler fort lentement, fournit quelques éléments de la réponse à cette question. L'un de ces grands lacs est le Vettern. Sa surface est élevée de 300 pieds *au-dessus* du niveau de la mer et son fond s'abaisse jusqu'à 120 pieds *au-dessous*. C'est une profonde fissure des terrains siluriens, qui a été remplie de glace durant l'époque glaciaire. Les sources et rivières qu'il reçoit sont peu abondantes et n'ont pu effectuer son dessalement qu'avec une extrême lenteur. La partie septentrionale du lac est peu profonde. Le fond vaseux est recouvert de plantes aquatiques comme celui des petits lacs de l'Oestergötland. La faune de cette partie est celle d'un lac d'eau douce ordinaire de l'Europe tempérée. On y trouve en fait d'entomostracés des Sida, des Daphnies, des Polyphèmes, des Lyncées, des Cyclopes; en fait de mollusques des Unios, des Anodontes, des Pisidiums, des Cyclades, des Planorbes, des Limnées ; en fait de poissons des Cyprins, etc. Voilà du moins la faune telle qu'elle se présente à l'observateur au premier abord. Mais la majeure partie du lac est, au contraire, très-profonde, atteignant jusqu'à 420 pieds. Le fond est si dur que la drague réussit difficilement à en détacher des fragments. Le sol est dépourvu de tout tapis végétal. Les grandes profondeurs de ce réservoir d'eau douce présentent une physionomie toute différente de celle du lac peu profond, comme MM. Hjalmar Widegren et Lovén l'ont dévoilé. La petite quantité d'espèces, soit animales, soit végétales, qui habitent ces régions, donnent à la partie profonde du Vettern une analogie incontestable avec les grands lacs de la Laponie Luleâ et la partie septentrionale du golfe de Bottnie. Entre 300 et 420

pieds de profondeur, on trouve un poisson, le *Cottus quadricornis*, et des crustacés (*Idothea entomon*, *Gammarus cancelloïdes*, *G. loricatus*, *Pontoporeia affinis* et une foule d'entomostracés), mais aucun mollusque. Entre 280 et 240 pieds de profondeur, on voit apparaître quelques petits Pisidium ; à 120 pieds le *Limnaeus vulgaris*. Plus haut, à 40 pieds, s'étalent sur le sol, maintenant sablonneux, des Characées, sans qu'on ait trouvé d'autre végétal à cette profondeur. A 20 ou 30 pieds se montrent de nombreux individus de la *Mysis relicta* et de plus, quelques Valvées, quelques Pisidium et quelques Cyclades, mais cette partie du Vettern ne renferme aucun autre mollusque. Enfin de nombreux poissons complètent cette faune.

Les espèces qui constituent la faune de la partie profonde du Vettern forment une liste très-remarquable et nous présentent bien des noms inattendus. Nous trouvons d'abord dans cette liste une Mysis (*M. relicta* Lovén). Or, le genre Mysis était jusqu'ici considéré comme exclusivement marin. Les nombreuses espèces qu'il renferme habitent pour la plupart les régions boréales. La *M. oculata* O. Fabr., en particulier, qui ressemble extrêmement à la nouvelle espèce découverte dans le Vettern, est exclusivement arctique. Le genre Gammarus renferme soit des espèces marines, soit des espèces d'eau douce. Parmi les espèces marines, il en est une qui se distingue de toutes les autres, soit par sa conformation, soit par la grandeur de sa taille. C'est le *G. loricatus*, qui habite la mer arctique dans le voisinage de l'île du Prince-Régent, du Groënland, du Spitzberg. Chose remarquable, ce géant des Amphipodes existe en outre dans une eau douce, dans les grandes profondeurs du

lac Vettern. La *Pontoporeïa affinis* Lindström, autre crustacé de ce lac, ne se trouve que là et dans la mer Baltique, mais c'est une forme marine très-proche parente de la *P. femorata* Kröyer des côtes du Groënland. L'*Idothea entomon*, également commune à la Baltique et au Vettern, existe, en outre, dans la mer glaciale et sur les côtes du Kamtschatka dans la mer d'Ochotsk.

Il vaut la peine de remarquer qu'aucune des espèces de crustacés, évidemment marins du Vettern, n'existe en même temps sur la côte occidentale de Suède, si bien explorée au point de vue zoologique. La Baltique, au contraire, en possède très-certainement deux et peut-être davantage, car sa faune, si pauvre, a été jusqu'ici mal étudiée. En outre, le Vettern possède un crustacé d'eau douce le *Gammarus caucelloïdes* Gerstf., qu'on ne connaît ailleurs que dans le lac Baïkal et celui d'Angarâ. Il existe donc dans les grands lacs de Suède un groupe d'animaux étrangers qui semblent indiquer une ancienne communication de ces lacs avec la mer, non pas avec la mer d'Allemagne si voisine, mais par la Baltique à travers la Russie, avec la mer glaciale à faible salure. Une espèce de crustacé est, en outre, commune à ce lac et un lac montagneux de Sibérie. Ces exemples sont si concluants qu'il est superflu d'ajouter qu'un poisson, le *Cottus quadricornis*, habite à la fois les profondeurs du Vettern, la Baltique, le lac Baïkal et la mer glaciale.

Ces données zoologiques s'accordent donc entièrement avec le résultat des recherches purement géologiques. Zoologie et géologie s'accordent à nous montrer la mer glaciale empiétant à l'époque postpliocène sur les rives de la mer Blanche pour s'avancer jusqu'au pied des montagnes de la Scandinavie, et la faune de cette mer

glaciale a persisté en partie jusqu'à nos jours dans les grands lacs de Suède, restes de cette ancienne mer. Pourquoi certaines espèces ont-elles survécu au dessalement graduel de ces réservoirs, tandis que les autres succombaient? C'est ce qu'il est difficile de dire. La persistance est dans tous les cas un fait qui n'est même point sans analogie. Dans les temps historiques, le lac Stennis dans les îles Orkney, a été graduellement transformé de golfe marin qu'il était en un lac d'eau douce. Aujourd'hui, la salure de ses eaux est nulle. Son ancienne communication avec la mer est cependant encore attestée par la coexistence dans ses eaux d'organismes marins tels que les Cardiums et les Mytilus avec des organismes d'eau douce comme les Limnées et les Néritines. Mais la plus grande partie de l'ancienne population marine du lac Stennis a été irrévocablement anéantie. Il est donc probable que, si la Baltique vient à être complétement dessalée un jour, sa faune n'en conservera pas moins pour longtemps quelques traits de son ancienne physionomie marine.

DÉTERMINATION

DES

FORCES ÉLECTROMOTRICES

PAR

M. W. HANKEL.

(Poggendorff's Annalen, CXV, 57.)

L'explication de la production d'un courant galvanique suppose une connaissance exacte des forces dites électromotrices ou des tensions électriques engendrées par le contact de conducteurs hétérogènes. Malheureusement nous manquons encore de recherches détaillées qui puissent nous fournir les valeurs numériques exactes qui les représentent. Pour contribuer à combler cette lacune, je me suis occupé depuis plusieurs années de la mesure de ces tensions et ne me suis pas borné à cet égard au contact des conducteurs solides, mais j'ai aussi étendu mes expériences au contact des conducteurs liquides avec des solides.

Dans ce premier article, je donnerai un résumé de mon mémoire sur les valeurs des tensions qui résultent du contact de conducteurs solides entre eux, et je réserve pour un prochain article les observations qui se rapportent aux liquides.

Ce mémoire[1] (le cinquième de la série de mes recherches sur l'électricité) commence par la description du procédé que j'ai suivi pour déterminer les forces électromotrices entre des conducteurs solides et aussi entre des conducteurs liquides. Pour la détermination de ce qui concerne des conducteurs solides, en l'absence de tout liquide, il suffit d'un appareil de condensation qui, sans grande difficulté, donne des résultats d'une sûreté et d'une exactitude désirables. L'appareil que j'ai employé se composait d'un disque de cuivre de 95 millim. de diamètre, poli des deux côtés, isolé et suspendu par trois fils métalliques de telle façon que l'on pouvait, sans qu'il éprouvât d'oscillation latérale, l'élever ou l'abaisser à volonté. Au-dessous de ce disque était fixé un second disque de cuivre exactement semblable et qui pouvait, selon les circonstances, être isolé ou bien mis en communication avec la terre.

C'est sur ce second disque que l'on plaçait les disques polis et de mêmes dimensions dont il s'agissait de déterminer l'action électrique et la place qu'ils occupent l'un par rapport à l'autre, dans la série des tensions. Le disque supérieur suspendu à trois fils et le disque fixe inférieur étaient munis d'arrangements convenables pour pouvoir les placer horizontalement au moyen d'un niveau à bulle d'air très-sensible. L'élévation et l'abaissement du disque supérieur n'altérait plus sa position horizontale, une fois qu'elle était établie. Une disposition particulière permettait de placer le disque supérieur à la plus petite distance possible du disque inférieur, et de l'y maintenir, tandis qu'au moyen d'un microscope muni

[1] *Abhandlungen*, etc., etc. *Mémoires de la Société royale des sciences de Saxe*, IX, p. 1-52.

d'un oculaire à micromètre placé de côté, on pouvait mesurer exactement cette distance. S'agissait-il de déterminer les tensions électriques produites par le contact de liquides avec des métaux, l'on remplaçait le disque inférieur par une surface circulaire du liquide, dont le diamètre était le même que celui des disques. Le disque supérieur suspendu aux fils était mis en communication continue avec un appareil pour mesurer l'électricité libre, au moyen d'un fil de platine très-fin et tourné en spirale, qui ne gênait en rien les mouvements verticaux du disque.

L'appareil qui m'a servi pour ces mesures est l'électromètre que j'ai construit il y a plusieurs années et dont j'ai déjà donné la description[1] : il consiste en une feuille d'or suspendue entre deux disques de laiton isolés, que l'on peut approcher ou écarter au moyen de vis micrométriques, et qui reçoivent des tensions électriques opposées d'une pile voltaïque, de 60 petits éléments (zinc, cuivre, eau), dont le centre communique avec la terre. La déviation qu'éprouve la feuille d'or par l'électricité peut être mesurée au moyen d'un microscope muni d'un oculaire à micromètre. Un commutateur intercalé dans le circuit de la pile et des disques de laiton permet de renverser la polarité des disques; le renversement a pour effet une double déviation de la feuille d'or; chaque fois qu'on change le sens du courant on peut observer cette déviation et corriger le dérangement fortuit de la position primitive de la feuille d'or.

Pour déterminer le rang des différents métaux dans l'ordre de tension, j'ai comparé les disques de tous ces

[1] *Pogg. Ann.*, LXXXIV, 28; *Mémoires de la Soc. r. de Saxe*, V, 393.

métaux avec le disque de cuivre suspendu aux fils ; chaque disque était posé successivement sur le disque de cuivre inférieur, tandis qu'on en approchait le disque supérieur à une distance déterminée (ordinairement de 94 millim.) ; cela posé on faisait communiquer le disque supérieur et le disque inférieur avec la terre, puis après avoir isolé le disque supérieur on l'élevait à 330 millim. L'électricité qui s'était condensée dans le disque supérieur se répandait dans la spirale de platine et la feuille d'or de l'électromètre, ce qui donnait le moyen, comme il a été dit, d'en mesurer la tension. J'ai montré dans le mémoire qu'une seule mesure de ce genre, par exemple le disque inférieur étant de zinc, et le disque supérieur de cuivre, ne peut pas être considérée comme la valeur de la différence électrique entre le zinc et le cuivre ; mais que l'on obtient dans des circonstances semblables des valeurs comparables pour ces différences électriques, si l'on prend deux par deux les différences des déviations des feuilles d'or, que produisent les métaux placés successivement sur le disque inférieur, comme je l'ai mentionné.

Les tensions sont très-variables selon l'état de pureté des surfaces, aussi les ai-je mesurées, soit en employant des surfaces aussi nettes que possible, soit après les avoir laissé se ternir par l'exposition plus ou moins prolongée à l'air. Les surfaces très-pures sont très-difficiles à obtenir ; je crois cependant avoir réussi à me les procurer en les frottant avec du papier d'émeri de différentes finesses, puis en les essuyant fortement avec un linge. Il faut surtout éviter l'emploi de liquides.

Sans entrer dans le détail des mesures, je donnerai ici deux tableaux.

Le premier comprend les tensions qu'offrent les mé-

taux à surfaces pures. Les deux métaux dont le contact produit la tension indiquée sont représentés l'un à côté de l'autre par leur signe chimique, le premier étant celui qui devient positif par le contact avec l'autre. Pour plus de simplicité, il a été admis que la tension entre zinc et cuivre Zn Cu = 1,00 et on a rapporté toutes les autres tensions à cette unité :

Premier tableau.

Al Zn	=	0,25	Zn Cu
Zn Sn	=	0,23	»
Zn Cd	=	0,24	»
Zn Pb	=	0,44	»
Zn Sb	=	0,69	»
Zn Bi	=	0,72	»
Zn Hg	=	0,82	»
Zn Fe	=	0,84	»
Zn Cu	=	1,00	»
Zn Au	=	1,00	»
Zn Pd	=	1,15	»
Zn Ag	=	1,18	»
Zn C	=	1,22	»
Zn Pt	=	1,23	»

La plupart de ces métaux étaient les plus purs que l'on puisse se procurer dans le commerce ; l'argent était chimiquement pur ; l'antimoine avait été purifié par la fusion avec du salpêtre ; le disque d'or était formé par un dépôt galvanique d'or sur un disque de cuivre ; le disque de charbon (C) était un morceau de coke tiré d'une cornue à gaz.

D'après ces valeurs, on peut établir un ordre de tension. Je représenterai l'intervalle entre le zinc et le cuivre par 100, et pour éviter des signes négatifs, je désignerai le zinc par 200, et par conséquent le cuivre par 100. A côté du rang des métaux à surface décapée, je joindrai dans le second tableau celui de ces métaux à surface plus ou moins ternie par l'air et celui de quelques alliages :

Second tableau.

MÉTAL.	RANG DANS L'ORDRE DE TENSION				MAXIMUM de la variation observée.
	décapé.	après 1 à 2 jours d'exposition à l'air.	après 4 à 7 jours d'exposition à l'air.	après plus de 2 mois d'exposition à l'air.	
Aluminium.........	225	....	165	140	85
Zinc amalgamé......	200	. .	...	.....	.....
Zinc...............	200	188	.....	157	43
Etain	177	....	164	152	25
Cadmium...........	176	....	164	139	37
Plomb.............	156	.....	135	151	21
Antimoine..........	131	.....	121	113	18
Bismuth...........	128	116	110	106	22
Melchior..........	125	.....	.....	105	20
Laiton............	122	110	.....	.....	.....
Mercure	119	60	.....	....	59
Fer...............	116	.....	100	95	21
Acier.............	109	...	.....	93	16
Fonte de fer......	108	.....	....	96	12
Cuivre............	100	.....	86	...	14
Or	100	.....	81	....	19
Palladium.........	85	.....	....	.....	...
Argent............	82	.....	70	82	12
Coke..............	78	.....	78	....	....
Platine...........	77	....	....	.....	...

La variation remarquable de rang que présentent le plomb et l'argent après l'exposition à l'air, qui produit d'abord un abaissement, puis de nouveau une élévation, paraît être due à une oxydation qui est suivie ensuite d'une sulfuration[1].

[1] Cette remarque, jointe à la différence considérable qui existe entre les chiffres qui expriment la tension d'un métal, suivant qu'il a été plus ou moins exposé à l'air, suffit pour montrer l'influence qu'exerce sur cet ordre de phénomènes l'action chimique de l'air et des vapeurs ou des gaz qu'il renferme. (Voyez pour l'explication du développement de l'électricité dans le contact des corps solides, le *Traité d'électricité* de M. de La Rive, tome II, p. 775 et suivantes.) (*Réd.*)

BULLETIN SCIENTIFIQUE.

PHYSIQUE.

J. LAMONT SUR LE RAPPORT DES TREMBLEMENTS DE TERRE AVEC LES PERTURBATIONS MAGNÉTIQUES (*Ann. de Pogg.* 1862. N° 1).

«La liaison qui existe entre le magnétisme terrestre et les tremblements de terre n'étant point encore suffisamment établie, il n'est pas superflu de rapporter un fait de cet ordre. Lorsque le 26 décembre 1861, à 8 heures du matin, j'observai la position des instruments magnétiques (au nombre de six à l'Observatoire magnétique, savoir: deux pour la déclinaison, deux pour l'intensité et deux pour l'inclinaison), je remarquai que tous ces instruments étaient dans une agitation inaccoutumée, qui consistait dans une oscillation rapide et irrégulière et dans un tremblement vertical. Le tremblement de l'aiguille ne dura pas longtemps, mais les oscillations, bien que s'amoindrissant, persistèrent jusqu'à 8 heures et demie. Quelques jours après, j'appris la nouvelle qu'un tremblement de terre avait ravagé plusieurs localités de la Grèce, exactement à l'heure des observations mentionnées.

«Ceci prouve que ce n'est pas seulement la secousse que produit le tremblement de terre qui peut se propager à de grandes distances, mais que les forces qui en sont la cause modifient jusqu'à un certain point le magnétisme de la terre. Cette modification consiste sans aucun doute dans la production d'un courant terrestre, puisque dans ce cas particulier, les instruments magnétiques de l'Observatoire ont été fortement agités. Je ferai

observer à cette occasion que le tremblement de terre en Grèce, du 18 avril 1842 (Ann. für Meteorol- und Erdmag., 1842, II• Cahier, p. 188), avait produit les mêmes effets à Munich, tandis que des tremblements de terre de localités plus rapprochées n'ont exercé jusqu'à présent aucune action sensible. »

MINÉRALOGIE. GÉOLOGIE.

AL. BRYSON. ON THE AQUEOUS, etc. Sur l'origine aqueuse du granite. (*Proceedings of the Royal Soc. of Edinburgh*, 1860-61, IV, 456.)

L'auteur expose les résultats auxquels il a été amené par dix ans de recherches sur la structure des roches mises en rapport avec leur formation et particulièrement sur le granite. Lorsqu'on examine au microscope les *Pitchstone*[1] si nombreux de l'île d'Arran, on voit qu'ils présentent tous une structure semblable, laquelle est très-différente de toutes celles qui se trouvent dans les minéraux qui forment le granite. L'obsidienne de Bohême et la marécanite (verre volcanique du Kamtschatka) présentent une structure analogue à celle du *Pitchstone* d'Arran.

Cette structure particulière aux substances d'origine ignée est rayonnée en étoile, elle est quelquefois visible à l'œil nu.

Dans les granites, la structure est aussi constante que dans les *Pitchstones*, mais elle est totalement différente. Jamais on ne voit de structure rayonnée dans cette roche et on y trouve constamment des cavités renfermant des fluides qui font croire que si le *Pitchstone* et le verre sont un type des substances d'origine ignée, le granite doit être celui d'une origine aqueuse. La même apparence prédomine dans les éléments des roches granitiques qui renferment tous des cavités contenant des fluides ; tels sont la topaze, le cairngorum, le béryl, la tourmaline et le felspath. Les cavités sont rarement entièrement remplies de fluide et une

[1] Stigmite de Brongniart. (*Réd.*)

bulle d'air occupe ordinairement une partie plus ou moins grande de la cavité. Après plusieurs centaines d'expériences faites sur ces cavités, l'auteur est arrivé à croire que, lorsqu'on les expose à une température de 94° Fahr. (34° C.), les bulles d'air disparaissent, le fluide remplissant entièrement la cavité, et à la température de 84° Fahr (29 C.), les bulles reparaissent de nouveau avec une singulière ébullition, montrant que l'air avait formé une atmosphère autour du fluide. Il en avait conclu que ces cavités ne pouvaient probablement avoir été remplies à une température supérieure à 84° Fahr., et certainement pas à une température au-dessus de 94° Fahr.

L'auteur décrit l'appareil qui lui a servi à évaluer la température à laquelle il a fait ces expériences et il ajoute qu'il a trouvé des cavités pleines de fluide dans le tuf trappéen d'Arthur's Seat, dans certains *greenstones*, dans des basaltes, dans le porphyre de Dun Dhu (île d'Arran) que beaucoup de géologues regardent comme ayant une origine ignée. Dans cette dernière roche, ces cavités sont renfermées dans des cristaux de quartz bipyramidés. On trouve encore ces cavités dans le quartz bipyramidé des gypses salifères de l'Inde, qui sont quelquefois imprégnés de gypse. Personne ne soutient l'origine ignée de ces derniers cristaux et ceux du prophyre de Dun Dhu paraissent s'être formés par la même méthode. Les diverses associations du quartz avec des matières plus fusibles également, lui démontrent l'origine aqueuse de ce minéral.

L'auteur montre un cristal de schorl qui a cristallisé avant le quartz sur lequel il a laissé son empreinte; et il en conclut que le schorl qui craque et décrépite à la chaleur, n'aurait pu subsister si le quartz avait été formé par fusion.

Le quartz, à ce que croit M. Bryson, se dilate en cristallisant d'un vingt-quatrième de sa masse, ce qui paraît être suffisant pour causer les dislocations et les soulèvements que les géologues ont attribués à l'action des roches fendues. Si ce point de vue est juste, comme la montagne la plus élevée est de granite, de même

que la partie la plus basse à nous connue, et que la montagne la plus haute est seulement de $^{1}/_{571}$ du rayon de la terre, l'épaisseur de la croûte de 168 milles est complétement suffisante pour produire une force expansive capable de soulever à sa hauteur le pic le plus haut de l'Himalaya[1].

ZOOLOGIE, ANATOMIE ET PALÉONTOLOGIE.

Prof. HUXLEY. ON THE ZOOLOGICAL RELATIONS, etc. SUR LES RELATIONS ZOOLOGIQUES DE L'HOMME AVEC LES ANIMAUX. (*The natural History Review*. January 1861, p. 67.)

Linné classait l'homme avec les singes dans son ordre des *Primates*. Le genre Homo était placé par lui sur le même pied que les genres Simia, Lemur, Vespertilio. Schreber, Goldfuss, Gray, Blyth ont suivi les traces de Linné en refusant d'assigner à l'homme une place zoologique ailleurs que dans l'ordre des singes. Blumenbach, puis Cuvier, se fondant sur ce que l'homme n'a que deux mains, séparèrent l'ordre des bimanes (hommes) de celui des quadrumanes (singes). M. Owen[2] a fait un pas de plus en formant pour l'homme la sous-classe des Archencéphales, opposée à celles des Gyrencéphales, des Lissencéphales et de Lyencéphales. Cette distinction est basée sur des caractères tirés de la forme de l'encéphale. Enfin M. Serres et à sa suite M. de Quatrefages vont plus loin encore en élevant la famille humaine au rang d'un règne distinct du règne animal et du règne végétal, tandis que quelques-uns refusent même au naturaliste le droit de classer l'homme dans son système.

Malgré ces divergences d'opinion, il est une question qu'on est en droit de poser : Quelle est la valeur des différences organiques

[1] Nous laissons à l'auteur la responsabilité des chiffres indiqués dans cet article. (*Réd.*)

[2] Prof. Owen. On the characters of the Class maalia. Journ of the Linnean Society. Vol. II. 1857 et Archives des Sc. nat. 1858, I, p. 384.

constatées entre l'homme et les animaux, comparativement aux différences qu'on observe entre les divers groupes d'animaux? En d'autres termes, la différence entre l'homme et les singes est-elle moins profonde que la différence entre les singes et les poissons, ou bien que la différence qui sépare les singes des marsupiaux et des pachydermes, ou même que celle qui distingue les différents genres de quadrumanes les uns des autres? C'est cette question que M. Huxley s'est proposé de traiter d'une manière purement scientifique, afin de terminer une controverse vive qui s'est élevée récemment en Angleterre sur ce sujet.

Les éléments de réponse à la question posée plus haut sont déjà disséminés dans les nombreux travaux d'autorités compétentes. M. Huxley n'a donc fait que les réunir. A l'aide d'observations empruntées à Tiedemann et à MM. Isidore Geoffroy Saint-Hilaire, Schrœder van der Kolk, Vrolik, Gratiolet ainsi qu'à M. Owen lui-même, ce savant cherche à montrer que soit pour ce qui concerne le squelette et les muscles, soit pour ce qui regarde le cerveau et les autres viscères, la distance de l'homme aux Troglodytes et aux Pithèques est moindre que celle de ces singes aux Makis et surtout aux Galéopithèques et aux Chéiromys. Nous nous en tiendrons ici à la partie la plus importante de la discussion, celle qui concerne l'organisation cérébrale.

M. Owen base la sous-classe des archencéphales sur le développement extraordinaire de la partie postérieure des hémisphères cérébraux, partie qui forme même un troisième lobe cérébral. Ce troisième lobe, dit-il, est spécial à l'homme, de même que la corne postérieure des ventricules latéraux et que le petit hippocampe, lequel caractérise le lobe cérébral postérieur. Cette thèse énoncée par l'éminent anatomiste anglais devant la *British Association* a trouvé un contradicteur immédiat dans la personne de M. Huxley. Ce savant, aussi justement célèbre que son confrère, affirme: 1° que le troisième lobe n'est point particulier à l'homme, mais qu'il existe chez tous les quadrumanes supérieurs; 2° que la corne postérieure du ventricule latéral n'est pas davantage un carac-

tère spécial à l'homme, puisqu'on la trouve chez les quadrumanes supérieurs ; 3° enfin que le petit hippocampe n'est point non plus spécial à l'homme, ni caractéristique du cerveau humain, mais qu'il existe chez certains quadrumanes.

Examinons d'abord de plus près ce qui concerne le troisième lobe du cerveau. Beaucoup d'anatomistes ne divisent les hémisphères cérébraux de l'homme qu'en deux lobes, séparés l'un de l'autre par la scissure de Sylvius. D'autres en admettent trois. un antérieur, un moyen et un postérieur ou troisième lobe. Toutefois il n'y a pas de ligne de démarcation bien tranchée entre le lobe moyen et le lobe postérieur, les anatomistes se contentent de dire avec Cuvier que « la partie du cerveau située au-dessus du cervelet est ce qu'on appelle le lobe postérieur du cerveau. » Or, ce troisième lobe cérébral existe chez les singes supérieurs aussi bien que chez l'homme. C'est ce que Tiedemann disait déjà en 1821 dans ses célèbres *Icones cerebri simiarum*. Dans l'explication des figures relatives au *Simia nemestrina* on trouve comme légende de la lettre *c* : lobus posterior, *cerebellum obtegens*. La même chose se reproduit pour les *Simia rhesus*, *sabœa* et *capucina*. A la page 48 de cet ouvrage on lit même le passage suivant : Cerebrum simiarum quoad magnitudinem et divisionem in lobos ad humanum proxime accedit : dividitur enim per fissuram mediam longitudinalem in duo æqualia hemisphæria *quorum utrumque rursus in tres lobosp artitur. Lobi posteriores uti in homine faciem superiorem cerebelli obtegunt*. Cuvier dit aussi que le cerveau des singes se prolonge en arrière pour former comme chez l'homme un lobe postérieur recouvrant le cervelet. Des passages tout aussi positifs et concluants pourraient être empruntés aux ouvrages de Sandifort, du Dr Macartney, de M. Isidore Geoffroy Saint-Hilaire, de MM. Schrœder van der Kolk et Vrolik, de M. Gratiolet. M. Allen Thompson, enfin, le célèbre anatomiste de Glasgow, confirme l'existence du troisième lobe cérébral chez les singes dans une lettre du 24 mai 1860 adressée à M. Huxley. On voit donc que, d'après le jugement de toutes les autorités compétentes, le troi-

sième lobe du cerveau ne peut être considéré comme caractéristique de l'homme.

Passons maintenant à la corne postérieure du ventricule latéral. Dans l'explication des planches des *Icones* de Tiedemann on lit à propos d'un singe (tab. II *a*, fig. 3 *a*) : « *e* scrobiculus parvus loco cornu posterioris » et plus loin (tab. III *a*) à propos du cerveau d'un phoque : « *e* cornu descendens s. medium. Præterea cornu posterioris vestigium occurrit. » Cuvier dit d'ailleurs dans ses Leçons d'anatomie comparée qu'il n'existe de cavité digitée (cornu posterius) que chez l'homme et les singes, parce que l'existence de cette cavité dépend de celle du lobe cérébral postérieur. Il ajoute qu'on en trouve cependant une trace chez les phoques et les dauphins. M. Schrœder van der Kolk et Vrolikre présentent aussi la corne postérieure chez un chimpansé où elle n'est, il est vrai, que rudimentaire. On voit par là que la corne descendante développée chez l'homme plus que chez les animaux n'est pourtant point spéciale au cerveau humain.

Reste maintenant le petit hippocampe. Cet organe ne mériterait l'importance qu'on lui a accordée qu'à la condition d'être constant chez l'homme. Malheureusement il ne l'est point. Il y a cinquante ans que les frères Wenzel écrivaient à propos du petit hippocampe, appelé par eux simplement *tuber*, les lignes suivantes :

« *Tuber in cornu posteriore ventriculorum lateralium :* Non semper plerumque tamen adest, et quidem utroque in latere sive in utroque cornu. Inter quinquaginta et unum, eo specialiter fine a nobis examinata cerebra diversæ omnino ætatis atque utriusque sexus, tria tantum reperiebamus in quibus tuber illud in utroque latere et duo in quibus uno in latere desiderabatur. Quam constans autem, in universum tuberis istius præsentia, tam varians est magnitudo illius, non in diversis tantum subjectis, sed etiam in uno eodemque absque omni prorsus et ætatis et sexus discrimine... Magnitudo illius in universum spectata, sequitur magnitudinem posterioris cornu ventriculorum lateralium ; hæc quam maxime diversa est... Rariuś in hoc tubere est quod sicut hippocampus ad finem suum crenas sive sulcos habeat, etc. »

La grande variabilité du petit hippocampe et sa disparition fréquente chez l'homme également certifiée par M. Longet suffiraient à montrer que cet organe ne peut être considéré comme caractéristique du cerveau humain. D'ailleurs MM. Schrœder van der Kolk et Vrolik affirment qu'il existe à l'état rudimentaire chez les singes supérieurs. De nouvelles recherches de M. Allen Thompson rapportées dans le mémoire de M. Huxley mettent son existence chez le chimpansé tout à fait hors de doute.

On voit par ce qui précède qu'aucun des caractères sur lesquels la sous-classe des archencéphales prétend se fonder ne peut subsister. Il n'y a donc là aucune raison pour séparer l'homme des mammifères gyrencéphales. Les seules différences qu'on puisse reconnaître entre le système nerveux de l'homme et celui des singes sont, suivant M. Huxley, les suivantes :

1° Le volume de l'encéphale comparé à celui des nerfs qui en naissent est moindre chez les singes anthropomorphes que chez l'homme.

2° Chez les singes anthropomorphes, le cerveau est plus petit relativement au cervelet que chez l'homme.

3° Les sillons et les circonvolutions sont généralement moins complexes, et ceux des deux hémisphères sont plus symétriques chez les singes anthropomorphes que chez l'homme.

4° Les hémisphères sont plus arrondis et plus élevés chez l'homme et les proportions respectives des lobes sont différentes. En outre, certaines circonvolutions et certaines scissures qui existent chez l'homme font défaut ou sont rudimentaires chez les singes anthropomorphes.

La première de ces différences est généralement reconnue depuis Sœmmering. La seconde et la quatrième ont été établies par des recherches de Vrolèk, et de MM. Schrœder van der Kolk et Gratiolet. La troisième n'a pas de valeur absolue, en ce sens que certaines races forment, sous le point de vue de la simplicité et de la symétrie des sillons, un passage évident aux singes anthropoïdes. Tiedemann a déjà remarqué que le cerveau du nègre

se rapproche de celui de l'orang outang par la circonstance que ses sillons et ses circonvolutions sont beaucoup plus symétriques que ceux de l'européen. Ce caractère lui a paru surtout évident chez une femme Bosjesman. M. Gratiolet a décrit également un cerveau de femme Bosjesman, celui de la célèbre Vénus hottentote, qui eut l'honneur d'être disséquée par Cuvier, et il est arrivé aux mêmes conclusions. Si l'on désigne par A un cerveau d'européen, par B un cerveau de nègre et par C un cerveau d'orang, on peut dire que les différences entre A et B sont de même nature et de même importance qu'entre B et C.

En admettant même que le cerveau humain fût nettement distinct des cerveaux de singes anthropomorphes par le rapport de son volume à celui des nerfs qui en naissent ; par l'existence d'un lobule à sa circonvolution marginale et par l'absence de la scissure perpendiculaire externe, ces différences n'en seraient pas moins inférieures en importance à celles qui distinguent les cerveaux des Pithèques et des Troglodytes de ceux des singes inférieurs.

Dr Bergh. Om Forekomsten af Neldefiim, etc. Sur l'existence de filaments urticants chez les mollusques. (*Videnskabelige Meddelelser fra den nat. Foren. for Aaret 1860.* Andet Aarti, II, p. 309. Kjœbenhavn, 1861).

Les filets-pêcheurs, aujourd'hui nommés organes urticants, ont été découverts en 1835 chez les hydres, par M. Corda et M. Ehrenberg. M. Rud. Wagner les trouva à peu près à la même époque chez les actinies. Il prit toutefois d'abord ces organes pour des zoospermes. Ce n'est que plus tard qu'il les identifia avec les organes tout semblables des acalèphes et qu'il créa pour eux le nom d'organes urticants. M. Gosse a récemment changé ce nom contre celui de cnides.

Des observations nombreuses ont révélé depuis lors la présence de ces organes dans la classe entière des polypes et dans celle des hydroméduses, ainsi que chez les synaptes, chez beau-

coup de turbellariés, chez certaines annélides, et enfin, parmi les mollusques, chez quelques animaux du groupe des éolides.

M. Max Schultze a réparti ces organes en deux catégories, celle des corps bacilliformes, répandus surtout chez les turbellariés, et celle des capsules urticantes armées d'un long filament. Les recherches de Joh. Müller et de MM. Leydig, Max Müller et Busch ont montré cependant que cette distinction n'a pas d'importance et qu'on peut réunir tous ces organes, comme l'a fait en particulier M. Max Müller, sous le nom commun de filaments urticants. M. Bergh se range à cette manière de voir.

M. Bergh a consacré beaucoup d'attention aux filaments urticants ou cnides des mollusques, bien moins connus que ceux des cœlentérés. Déjà Linné et O.-F. Müller avaient reconnu dans l'extrémité des papilles de plusieurs éolides un petit sac, facile à distinguer à cause de sa couleur blanche. Un sac semblable, communiquant avec l'extérieur, fut aperçu, mais faussement interprété chez les Tergipes, par Forskål, Cuvier et Oken; M. de Quatrefages crut reconnaître dans le contenu blanchâtre de ce sac, chez les éolides, la structure des corpuscules osseux. Cependant MM. Hancock et Embleton ne tardèrent pas à rectifier cette erreur en montrant que ce sac renferme des capsules munies d'un long filament. Après avoir contesté l'exactitude de cette rectification, M. de Quatrefages dut reconnaître son erreur, et il assimila, comme on l'a fait généralement depuis lors, les organes en question aux filaments urticants d'autres animaux inférieurs.

L'existence de sacs remplis de cnides, c'est-à-dire l'existence de véritables batteries urticantes est donc aujourd'hui bien constatée chez les formes typiques du groupe des éolidés, savoir dans les genres Aeolidia, Montagua, Facelina. Les recherches approfondies de M. Bergh sur ce singulier groupe de nudibranches [1] ont révélé en outre la présence de ces organes dans d'au-

[1] MM. de Siebold, Kœlliker et autres séparent ces animaux des nudibranches pour en former l'ordre des apneustes.

tres genres comme chez les Galvina, les Coryphella, les Phidiana et les Glaucus. Aussi ce caractère prend-il presque l'importance d'un caractère de famille.

Le mémoire de M. Bergh passe en revue un grand nombre d'espèces de la famille des éolides et contient une description détaillée des cnides propres à chacune d'elles. Chez toutes, les batteries urticantes sont placées à l'extrémité des papilles au-dessus du lobe hépatique. Au sommet le sac s'ouvre par un petit pore à l'extérieur. Sa paroi est musculeuse avec prédominance de la couche de fibres circulaires. La cavité intérieure est remplie par des cellules urticantes, des kystes pleins de filaments serrés, et des filaments urticants libres. En outre, on trouve dans cette cavité des éléments celluleux qui sont peut-être les premiers stades de développement des filaments urticants. Ce développement n'est, il est vrai, qu'imparfaitement connu. Il est cependant vraisemblable qu'on doit considérer la batterie comme un follicule dont les cellules de sécrétion formeraient les filaments urticants dans leur intérieur.

Les Gleurophyllidium sont, d'après la découverte de M. Bergh, les seuls mollusques, autres que les éolidés, chez lesquels on rencontre des cnides. Par leur conformation anatomique ces animaux paraissent du reste se rapprocher beaucoup des éolides. Les petits organes décrits par M. Bergh ont, il est vrai, une apparence très-différente de celle des filaments urticants ordinaires. Il n'est cependant point improbable qu'ils leur soient morphologiquement homologues. Ce sont de petits corps en forme de ruban, à bords irrégulièrement sinueux, plus larges à l'une de leurs extrémités qu'à l'autre et probablement doués de propriétés contractiles. Ces petits corps sont renfermés dans des sacs où ils sont tantôt arrangés régulièrement en masse rayonnée, tantôt mêlés irrégulièrement. Chacun de ces sacs est mis en communication avec l'extérieur par un petit pore.

L'usage des cnides est encore problématique. Leur présence chez les Eolides et les Pleurophyllidium, et leur absence chez les

Doridés, les Tritoniadés et les Phyllidiés dont la peau est relativement très-endurcie par des sels calcaires, pourraient faire soupçonner en eux des organes de défense dont n'auraient pas besoin les gastéropodes à peau plus dure. Cependant on ne voit pas que les poissons et les crustacés soient arrêtés par ces organes dans la tentative de faire des Eolidés leur nourriture. Il semble, par suite, plus vraisemblable à M. Bergh que ces organes servent à paralyser de petits animaux dont le mollusque fait sa nourriture. Cette fonction est possible, mais non encore démontrée. M. Lewes [1] a fait valoir des raisons très-fortes pour la dénier aux organes tout semblables des actinies. Il est certain que le rôle *urticant* impliqué par le nom le plus généralement appliqué aux cnides, n'a rien de vraisemblable. En effet, si l'on trouve des cnides chez certaines méduses et chez les actinies, animaux doués de propriétés urticantes, ainsi que chez les zoanthaires auxquels on attribue généralement, mais à tort, selon M. Lewes, des propriétés semblables ; en revanche, on les rencontre chez les turbellariés et chez les éolidés dont aucune espèce ne jouit de propriétés urticantes. M. Lewes, par des observations concluantes, montre en outre que les cnides ne paralysent point les mouvements des petits animaux (crustacés) saisis par les actinies. (Il est vrai qu'on pourrait citer des observations contraires au sujet des cnides des hydres et des trichocystes de certains infusoires.) Enfin le développement si considérable des cnides dans les organes internes connus sous le nom de filaments mésentériques chez les actinies rend, comme M. Lewes le dit avec raison, le rôle urticant de ces éléments organiques fort douteux.

[1] *Sea-side Studies at Ilfracombe, Tenby, the Scilly Isles and Jersey, by G.-H. Lewes. Edinburgh and London*, 1860, p. 153 et suiv.

Prof. Chapman. On a new Species, etc. Sur une nouvelle espèce d'Agelacrinites et les affinités naturelles de ce genre (*Ann. of nat. History.* VI, 1860, p. 157).

Les Agelacrinites échinodermes des terrains paléozoïques sont des animaux circulaires, dépourvus de pédoncule, aplatis ou concaves en dessous, légèrement convexes en dessus. Ils sont couverts de nombreuses petites plaques dont les unes sont distribuées irrégulièrement, les autres au contraire avec beaucoup de régularité. Ces dernières forment cinq rayons (aires ambulacraires?) naissant du centre de la surface supérieure. Chaque rayon est généralement formé d'une double rangée de plaques polygonales. Les plaques irrégulièrement distribuées sont elliptiques ou circulaires, de grandeur variable et imbriquées les unes sur les autres (aires interambulacraires?). Au milieu de l'un de ces espaces supposés interambulacraires se trouve un petit orifice protégé par une pyramide de cinq plaques ou davantage. Le sommet de l'animal, c'est-à-dire le point d'où partent les cinq rayons (aires ambulacraires?), est recouvert par une plaque unique ou entouré de cinq ou dix plaques polygonales. La surface inférieure de l'animal est inconnue.

Tels sont les Agelacrinites dont la position parmi les échinodernes n'est point encore fixée. Ces animaux n'ont évidemment que des affinités assez éloignées avec les blastoïdées et les crinoïdes proprement dits. En revanche, ils se rapprochent davantage des cystidées avec lesquelles on les classe généralement. Ils ont en effet, comme les cystidées, l'orifice qu'on désigne généralement sous le nom de pyramide anale et que Léopold de Buch appelait pyramide ovarique. Toutefois la présence des organes que nous avons considérés avec doute comme des aires ambulacraires, l'imbrication des plaques, l'absence de pédoncule sont autant de caractères qui éloignent les agelacrinites des cystidées. L'imbrication des plaques les rapproche par l'intermédiaire du genre Protaster des euryales et des ophiures. Peut-être

aussi existe-t-il une relation entre eux et les échinides. Selon M. Chapman, c'est à tort qu'on place généralement la bouche des agelacrinites au centre de la face supérieure. Chez certaines espèces en effet, ce centre est occupé par un disque solide ou un tubercule arrondi, sans ouverture. Par analogie avec la majorité des échinodernes, M. Chapman suppose que la bouche était placée au centre de la face inférieure.

Dans tous les cas les Agelacrinites doivent former un groupe à part parmi les échinodernes. Déjà M. Billings a créé pour eux l'ordre des *Edrioastéridés*. Mais ce nom est impropre pour deux raisons : parce que les Agelacrinites n'ont pas d'analogie bien constatée avec les astérides, puis parce qu'il n'est point démontré que ces animaux aient été réellement sessiles (c'est-à-dire parasites). Aussi M. Chapman propose-t-il pour les Agelacrinites un ordre nouveau, celui des Thyroidea, intermédiaire entre les cystidées et les échinides.

Carlo VITTADINI. SUL MODO, etc. SUR LA MANIÈRE DE DISTINGUER CHEZ LES VERS A SOIE LA GRAINE INFECTÉE DE LA GRAINE MALADE (*Atti del R. Instituto Lombardo.* vol I. 1859).— DE QUATREFAGES. ÉTUDES SUR LES MALADIES ACTUELLES DES VERS A SOIE (Paris, 1 vol. in-4° et 6 pl. 1859). — *Le même.* NOUVELLES RECHERCHES SUR LES MALADIES ACTUELLES DU VER A SOIE (Paris, in-4°. 1860).— EM. CORNALIA. BACOLOGIA, etc. ÉTUDES SUR LES VERS A SOIE (*Estratto della* Perseveranza, *Milano*, 16 Luglio 1860). — *Le même.* SUI CARATTERI, etc. SUR LES CARACTÈRES QUE PRÉSENTE LA GRAINE SAINE DES VERS A SOIE ET COMMENT ON PEUT LA DISTINGUER DE LA GRAINE MALADE (*Atti della Società italiana di scienze naturali.* Vol. II. Milano, 1861, p. 255).

Chacun a entendu parler de la maladie qui sévit depuis quelques années parmi les vers à soie et dont nous avons déjà entretenu les lecteurs des *Archives*, à propos d'un intéressant travail de

M. le professeur Lebert[1]. Cette maladie a fait l'objet de recherches approfondies de la part de nombreux observateurs. On trouvera dans leurs écrits la description même de la marche de la maladie. On y apprendra que cette affection ne modifie pas seulement l'apparence extérieure de la chenille, mais qu'elle altère en outre les organes internes. L'appareil sécréteur de la soie en particulier s'atrophie, ou du moins reste stationnaire dans son développement. Ses parois deviennent opaques par places et se recouvrent d'excroissances d'un blanc laiteux jusqu'au point de faire disparaître le calibre de l'organe et de suspendre par conséquent la sécrétion de la soie. Le microscope enseigne que ces modifications marchent de pair avec le développement d'un élément morbide particulier qui envahit peu à peu tous les tissus et les liquides de l'organisme. Cet élément, que nous avons décrit dans notre analyse du mémoire de M. Lebert, a été désigné par M. Cornalia sous le nom de corpuscules oscillants et par M. Guérin sous celui, fort impropre sans doute, d'hématozoïdes. M. Lebert croit y reconnaître un végétal unicellulaire (*Panhistophyton ovatum*, Lebert), d'autres, comme M. le professeur Chavannes, de Lausanne, revendiquent pour ces corps le nom de cristaux. De toutes ces opinions, celle de M. Lebert nous paraît encore la plus vraisemblable et nous voyons s'en rapprocher aujourd'hui l'un de ses adversaires les plus décidés d'autrefois, M. le prof. Em. Cornalia. Ce savant annonce en effet dans une note annexée au plus récent de ses mémoires, qu'ayant abandonné à l'humidité des vers à soie morts de la maladie actuelle, il a vu leur corps se recouvrir d'une moisissure dont les spores avaient une ressemblance étonnante avec les corpuscules oscillants.

Les corpuscules oscillants, quelle que soit, du reste, leur nature, sont d'une haute importance, puisque leur présence est un signe certain de l'existence de la maladie. Cette importance a doublé le jour où M. Vittadini a trouvé avec leur aide le moyen de distinguer la graine malade de la graine saine. Dès que l'œuf commence à se développer, dès que le vitellus s'organise en em-

[1] *Archives*, t. III, 1858, p. 314.

bryon, les tissus embryonnaires se trouvent déjà remplis de corpuscules oscillants, et cela par conséquent à une époque fort antérieure à l'éclosion. Telle est la découverte de M. Vittadini confirmée par M. Cornalia. Son importance pratique est évidente. Il suffit, en effet, d'un nombre un peu considérable d'observations pour déterminer la proportion d'individus malades et par conséquent la valeur vénale de toute graine de ver à soie.

Les œufs infestés de l'élément morbide se développent plus lentement que d'autres. Leur évolution complète exige quatre à cinq jours, et même davantage, au lieu de deux ou trois. De là, comme le remarque fort bien M. Cornalia, une règle fort simple pour les sériculteurs. Il faut détruire sans pitié tous les retardataires et l'on sera certain de s'être débarrassé des individus le plus infestés.

A ces deux mesures pratiques, l'examen microscopique de la graine et la destruction des vers retardataires, il faut en joindre une troisième, la culture en plein air. Le maréchal Vaillant et M. de Quatrefages ont réussi à élever de cette manière des vers ne présentant qu'une proportion de quatre pour cent d'individus malades. M. le comte Taverna, M. le prof. Chavannes, M. Zandonati, M. Bellotti ont obtenu par la culture en plein air des résultats plus surprenants encore. Dans un mémoire inséré dans les Bulletins de la Société d'acclimatation, M. Chavannes affirme que les éducations pour graine faites en plein air, sur les arbres mêmes, au moyen de manchons en treillis métalliques dans lesquels sont placés les vers, régénèrent en peu de temps les races malades.

A l'aide de ces mesures, on peut espérer voir l'état de la sériculture s'améliorer tous les jours. Le bien déjà réalisé est immense. Espérons que les efforts des savants et des industriels seront bientôt couronnés d'un succès complet.

Prof. Lacaze-Duthiers. Histoire naturelle de la pourpre des anciens (*Ann. and Mag. of nat. History.* VI, 1860, p. 293).

La belle couleur pourprée qui se produit par la transformation de l'alloxane en murexide a conduit les chimistes à considérer l'organe de Bojanus ou rein des Gastéropodes, comme ayant servi jadis à la fabrication de la pourpre. Les recherches de M. Lacaze-Duthiers ne sont point favorables à cette manière de voir. L'organe purpurifère est en réalité très-différent du rein.

Cet organe, dont les dimensions sont peu considérables, remplit chez les Murex et les Pourpres l'espace compris entre les branchies et le rectum. Il ne forme ni sac, ni réservoir, et ne peut être désigné sous le nom de veine purpurifère qu'on lui a pourtant souvent appliqué. Son tissu est composé de cellules formant plusieurs couches, dont la plus supérieure est munie de cils s'agitant dans la cavité du manteau. Sous l'organe purpurifère s'étend un riche réseau capillaire, dans lequel circule le sang venant de l'organe de Bojanus et des parties voisines du manteau, pour se rendre aux branchies. Lorsque les cellules sont arrivées à maturité, elles se détachent et tombent dans la cavité du manteau. Elles éclatent alors et mêlent leur contenu au mucus déjà accumulé. Ce déversement isolé des produits histologiques constitue la sécrétion de la substance colorante, sans qu'il existe de glande purpurifère proprement dite, ni même de région glanduleuse du manteau. La substance granuleuse et soluble contenue dans ces cellules jouit de la remarquable propriété de pouvoir fournir une substance colorante.

Chez l'animal vivant, la matière de la pourpre est incolore ou simplement jaunâtre, mais par l'insolation elle devient jaune, puis verte, bleue et rouge-violette. Grâce à cette propriété, M. Lacaze a pu l'utiliser pour des photographies.

ERRATA AU N° DE MARS.

P. 198, l. 10 et 11, *au lieu de :* très-précise, *lisez :* très-précieuse.

» 198, l. 21, *au lieu de :* surface extérieure, *lisez:* surface intérieure.

TABLEAU N° 1.

Noms des notes.	Valeurs numériques des notes.	Intervalles numériques	Intervalles en commas et diastèmes.	Valeurs des notes en commas et en diastèmes.	Noms des notes.
ut	1			1	ut
		$\frac{3^{12}}{2^{19}}$	a		
si#	$\frac{3^{12}}{2^{19}}$			a	si#
		$\frac{2^{27}}{3^{17}}$	b		
ré♭	$\frac{2^{8}}{3^{5}}$			ab	ré♭
		$\frac{3^{12}}{2^{19}}$	a		
ut#	$\frac{3^{7}}{2^{11}}$			a^2b	ut#
		$\frac{2^{8}}{3^{5}}$	$a \times b$		
ré	$\frac{3^{2}}{2^{3}}$			a^3b^2	ré
		$\frac{2^{8}}{3^{5}}$	$a \times b$		
mi♭	$\frac{2^{5}}{3^{3}}$			a^4b^3	mi♭
		$\frac{3^{12}}{2^{19}}$	a		
ré#	$\frac{3^{9}}{2^{14}}$			a^5b^3	ré#
		$\frac{2^{27}}{3^{17}}$	b		
fa♭	$\frac{2^{13}}{3^{8}}$			a^5b^4	fa♭
		$\frac{3^{12}}{2^{19}}$	a		
mi	$\frac{3^{4}}{2^{6}}$			a^6b^4	mi
		$\frac{2^{8}}{3^{5}}$	$a \times b$		
fa	$\frac{2^{2}}{3}$			a^7b^5	fa
		$\frac{3^{12}}{2^{19}}$	a		
mi#	$\frac{3^{11}}{2^{17}}$			a^8b^5	mi#
		$\frac{2^{27}}{3^{17}}$	b		
sol♭	$\frac{2^{10}}{3^{6}}$			a^8b^6	sol♭
		$\frac{3^{12}}{2^{19}}$	a		
fa#	$\frac{3^{6}}{2^{9}}$			a^9b^6	fa#
		$\frac{2^{8}}{3^{5}}$	$a \times b$		
sol	$\frac{3}{2}$			$a^{10}b^7$	sol
		$\frac{2^{8}}{3^{5}}$	$a \times b$		
la♭	$\frac{2^{7}}{3^{4}}$			$a^{11}b^8$	la♭
		$\frac{3^{12}}{2^{19}}$	a		
sol#	$\frac{3^{8}}{2^{12}}$			$a^{12}b^8$	sol#
		$\frac{2^{8}}{3^{5}}$	$a \times b$		
la	$\frac{3^{3}}{2^{4}}$			$a^{13}b^9$	la
		$\frac{2^{8}}{3^{5}}$	$a \times b$		
si♭	$\frac{2^{4}}{3^{2}}$			$a^{14}b^{10}$	si♭
		$\frac{3^{12}}{2^{19}}$	a		
la#	$\frac{3^{10}}{2^{15}}$			$a^{15}b^{10}$	la#
		$\frac{2^{27}}{3^{17}}$	b		
ut♭	$\frac{2^{12}}{3^{7}}$			$a^{15}b^{11}$	ut♭
		$\frac{3^{12}}{2^{19}}$	a		
si	$\frac{3^{5}}{2^{7}}$			$a^{16}b^{11}$	si
		$\frac{2^{8}}{3^{5}}$	$a \times b$		
ut	2			$a^{17}b^{12}$	ut

			A♯ la♯	C♭ ut♭	B si	C ut
C	ut					
B♯	si♯					
D♭	ré♭					
C♯	ut♯					
D	ré					
E♭	mi♭					
D♯	ré♯					
F♭	fa♭					
E	mi					
F	fa					
E♯	mi♯					
G♭	sol♭					
F♯	fa♯					
G	sol					
A♭	la♭					
G♯	sol♯					
A	la					
B♭	si♭					
A♯	la♯	♯	ut			
C♭	ut♭	♭		ut		
B	si	♯	ré♭	si♯	ut	
C	ut			ut♯	ré♭	ut
B♯	si♯		ré		ut♯	si♯
D♭	ré♭	♭		ré		ré♭
C♯	ut♯	♯	mi♭		ré	ut♯
D	ré		fa♭	ré♯	mi♭	ré
E♭	mi♭			mi	fa♭	mi♭
D♯	ré♯	♯	fa		mi	ré♯
F♭	fa♭	♭		fa		fa♭
E	mi	♯	sol♭	mi♯	fa	mi
F	fa			fa♯	sol♭	fa
E♯	mi♯		sol		fa♯	mi♯
G♭	sol♭	♭		sol		sol♭
F♯	fa♯	♯	la♭		sol	fa♯
G	sol			sol♯	la♭	sol
A♭	la♭	♭		la		la♭
G♯	sol♯	♯	si♭		la	sol♯
A	la		ut♭	la♯	si♭	la
B♭	si♭			si	ut♭	si♭
A♯	la♯		ut		si	la♯
C♭	ut♭			ut		ut♭
B	si				ut	si
C	ut					ut

	C ut	B♯ si♯	D♭ ré♭	C♯ ut♯	D ré	E♭ mi♭	D♯ ré♯	F♭ fa♭	E mi	F fa	E♯ mi♯	G♭ sol♭	F♯ fa♯	G sol	A♭ la♭	G♯ sol♯	A la	B♭ si♭	A♯ la♯	C♭ ut♭	B si	C ut
C ut	$a^{-17} b^{12}$																					
B♯ si♯	$a^{-16} b^{12}$	ut																				
D♭ ré♭	$a^{-15} b^{11}$		ut																			
C♯ ut♯	$a^{-15} b^{-11}$	ré♭	si♯	ut																		
D ré	$a^{-14} b^{-10}$		ut♯	ré♭	ut																	
E♭ mi♭	$a^{-13} b^{9}$		ré		ré♭	ut																
D♯ ré♯	$a^{-12} b^{9}$	mi♭		ré	ut♯	si♯	ut															
F♭ fa♭	$a^{-12} b^{8}$	.	mi♭			ré♭		ut														
E mi	$a^{11} b^{-8}$	fa♭	ré♯	mi♭	ré	ut♯	ré♭	si♯	ut													
F fa	$a^{10} b^{7}$		mi	fa♭	mi♭	ré		ut♯	ré♭	ut												
E♯ mi♯	$a^{9} b^{7}$	fa		mi♯	ré♯		ré		ut♯	si♯	ut											
G♭ sol♭	$a^{-8} b^{-6}$		fa		fa♭	mi♭		ré		ré♭		ut										
F♯ fa♯	$a^{8} b^{7}$	sol♭	mi♯	fa	mi	ré♯	mi♭		ré	ut♯	ré♭	si♯	ut									
G sol	$a^{7} b^{-5}$		fa♯	sol♭	fa	mi	fa♭	ré♯	mi♭	ré		ut♯	ré♭	ut								
A♭ la♭	$a^{6} b^{4}$		sol		sol♭	fa		mi	fa♭	mi♭		ré		ré♭	ut							
G♯ sol♯	$a^{5} b^{4}$	la♭		sol	fa♯	mi♯	fa		mi	ré♯	mi♭		ré	ut♯	si♯	ut						
A la	$a^{4} b^{3}$		sol♯	la♭	sol	fa♯	sol♭	mi♯	fa	mi	fa♭	ré♯	mi♭	ré	ut♯	ré♭	ut					
B♭ si♭	$a^{3} b^{2}$		la		la♭	sol		fa♯	sol♭	fa		mi	fa♭	mi♭	ré		ré♭	ut				
A♯ la♯	$a^{2} b^{2}$	si♭		la	sol♯		sol		fa♯	mi♯	fa		mi	ré♯		ré	ut♯	si♯	ut			
C♭ ut♭	$a^{2} b^{1}$		si♭			la♭		sol		sol♭		fa		fa♭	mi♭			ré♭		ut		
B si	$a^{1} b$	ut♭	la♯	si♭	la	sol♯	la♭		sol	fa♯	sol♭	mi♯	fa	mi	ré♯	mi♭	ré	ut♯	ré♭	si♯	ut	
C ut	1		si	ut♭	si♭	la		sol♯	la♭	sol		fa♯	sol♭	fa	mi	fa♭	mi♭	ré		ut♯	ré♭	ut
B♯ si♯	a	ut		si	la♯		la		sol♯		sol		fa♯	mi♯		mi	ré♯		ré		ut♯	si♯
D♭ ré♭	$a\ b$		ut		ut♭	si♭		la		la♭		sol		sol♭	fa		fa♭	mi♭		ré		ré♭
C♯ ut♯	$a^{2} b$			ut	si	la♯	si♭		la	sol♯	la♭		sol	fa♯	mi♯	fa	mi	ré♯	mi♭		ré	ut♯
D ré	$a^{3} b^{2}$				ut	si	ut♭	la♯	si♭	la		sol♯	la♭	sol	fa♯	sol♭	fa	mi	fa♭	ré♯	mi♭	ré
E♭ mi♭	$a^{4} b^{3}$					ut		si	ut♭	si♭		la		la♭	sol		sol♭	fa		mi	fa♭	mi♭
D♯ ré♯	$a^{5} b^{3}$						ut		si	la♯	si♭		la	sol♯		sol	fa♯	mi♯	fa		mi	ré♯
F♭ fa♭	$a^{5} b^{4}$							ut		ut♭		si♭			la♭			sol♭		fa		fa♭
E mi	$a^{6} b^{4}$								ut	si	ut♭	la♯	si♭	la	sol♯	la♭	sol	fa♯	sol♭	mi♯	fa	mi
F fa	$a^{7} b^{5}$									ut		si	ut♭	si♭	la		la♭	sol		fa♯	sol♭	fa
E♯ mi♯	$a^{8} b^{5}$										ut		si	la♯		la	sol♯		sol		fa♯	mi♯
G♭ sol♭	$a^{8} b^{6}$											ut		ut♭	si♭			fa♭		sol		sol♭
F♯ fa♯	$a^{9} b^{6}$												ut	si	la♯	si♭	la	sol♯	la♭	.	sol	fa♯
G sol	$a^{10} b^{7}$													ut	si	ut♭	si♭	la		sol♯	la♭	sol
A♭ la♭	$a^{11} b^{8}$														ut		ut♭	si♭		la		la♭
G♯ sol♯	$a^{12} b^{8}$															ut	si	la♯	si♭		la	sol♯
A la	$a^{13} b^{9}$																ut	si	ut♭	la♯	si♭	la
B♭ si♭	$a^{14} b^{10}$																	ut		si	ut♭	si♭
A♯ la♯	$a^{15} b^{10}$																		ut		si	la♯
C♭ ut♭	$a^{15} b^{11}$																			ut		ut♭
B si	$a^{16} b^{11}$																				ut	si
C ut	$a^{17} b^{12}$																					ut

TABLEAU N° 3.

Échelle des 35 notes de la Gamme.

Nom des Notes.	Valeurs numériques.	Valeurs en commas et en diastèmes.
ut	1	1
si♯	$2^{-19}\ 3^{12}$	a
ré♭	$2^{8}\ 3^{-5}$	ab
ut♯	$2^{-11}\ 3^{7}$	$a^2 b$
si♯♯	$2^{-30}\ 3^{19}$	$a^3 b$
mi♭♭	$2^{16}\ 3^{-10}$	$a^2 b^2$
ré	$2^{-3}\ 3^{2}$	$a^3 b^2$
ut♯♯	$2^{-22}\ 3^{14}$	$a^4 b^2$
fa♭♭	$2^{24}\ 3^{-15}$	$a^3 b^3$
mi♭	$2^{5}\ 3^{-3}$	$a^4 b^3$
ré♯	$2^{-14}\ 3^{9}$	$a^5 b^3$
fa♭	$2^{13}\ 3^{-8}$	$a^5 b^4$
mi	$2^{-6}\ 3^{4}$	$a^6 b^4$
ré♯♯	$2^{-25}\ 3^{16}$	$a^7 b^4$
sol♭♭	$2^{21}\ 3^{-13}$	$a^6 b^5$
fa	$2^{2}\ 3^{-1}$	$a^7 b^5$
mi♯	$2^{-17}\ 3^{11}$	$a^8 b^5$
sol♭	$2^{10}\ 3^{-6}$	$a^8 b^6$
fa♯	$2^{-9}\ 3^{6}$	$a^9 b^6$
mi♯♯	$2^{-28}\ 3^{18}$	$a^{10} b^6$
la♭♭	$2^{18}\ 3^{-11}$	$a^9 b^7$
sol	$2^{-1}\ 3$	$a^{10} b^7$
fa♯♯	$2^{-20}\ 3^{13}$	$a^{11} b^7$
la♭	$2^{7}\ 3^{-4}$	$a^{11} b^8$
sol♯	$2^{-12}\ 3^{8}$	$a^{12} b^8$
si♭♭	$2^{15}\ 3^{-9}$	$a^{12} b^9$
la	$2^{-4}\ 3^{3}$	$a^{13} b^9$
sol♯♯	$2^{-23}\ 3^{15}$	$a^{14} b^9$
ut♭♭	$2^{23}\ 3^{-14}$	$a^{13} b^{10}$
si♭	$2^{4}\ 3^{-2}$	$a^{14} b^{10}$
la♯	$2^{-15}\ 3^{10}$	$a^{15} b^{10}$
ut♭	$2^{12}\ 3^{-7}$	$a^{15} b^{11}$
si	$2^{-7}\ 3^{5}$	$a^{16} b^{11}$
la♯♯	$2^{-26}\ 3^{17}$	$a^{17} b^{11}$
ré♭♭	$2^{20}\ 3^{-12}$	$a^{16} b^{12}$
ut	2	$a^{17} b^{12}$

BIBLIOTHÈQUE UNIVERSELLE

ARCHIVES DES SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES



TABLE DES MATIÈRES

CONTENUES DANS LE TOME XIII (NOUVELLE PÉRIODE)

1862. — Nos 49 à 52.

BULLETIN SCIENTIFIQUE.

ASTRONOMIE.

PHYSIQUE.

CHIMIE.

MINÉRALOGIE, GÉOLOGIE.

ZOOLOGIE, ANATOMIE ET PALÉONTOLOGIE.

BOTANIQUE.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

faites à Genève et au Grand St-Bernard.

